بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه شاهد

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق-مخابرات میدان

عنوان پایان‌نامه:

طراحی و ساخت فیلتر میان‌گذر پهن باند تیز با افت ۵۰ دسیبل در ۴۰۰ مگاهرتز از لبه باند عبور

استاد راهنما:

دکتر علیرضا ملاح‌زاده

نگارش:

ندا دانش‌پور

زمستان ۹۲

صفحه صورتجلسه

	اظهار نامه دانشجو	شماره: تاریخ:

اینجانب ندا دانش پور دانشجوی کارشناسی ارشد رشته برق گرایش مخابرات میدان دانشکده فنی مهندسی دانشگاه شاهد، گواهی می دهم که پایان نامه/ رساله تدوین شده حاضر با عنوان؛ " طراحی و ساخت فیلتر پهن باند میانگذر تیز با افت ۵۰ دسیبل در ۴۰۰ مگاهرتز از لبه باند عبور " به راهنمایی استاد محترم جناب آقای دکترعلیرضا ملاح زاده، توسط شخص اینجانب انجام و صحت و اصالت مطالب تدوین شده در آن، مورد تأیید است و چنان چه هر زمان، دانشگاه کسب اطلاع کند که گزارش پایان نامه/ رساله حاضر صحت و اصالت لازم را نداشته، دانشگاه حق دارد، مدرک تحصیلی اینجانب را مسترد و ابطال نماید هم چنین اعلام می دارد در صورت بهره گیری از منابع مختلف شامل؛ گزارش های تحقیقاتی، رساله، پایان نامه، کتاب، مقالات تخصصی و غیره، به منبع مورد استفاده و پدید آورنده آن به طور دقیق ارجاع داده شده و نیز مطالب مندرج در پایان نامه/ رساله حاضر تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب و یا سایر افراد به هیچ کجا ارایه نشده است. در تدوین متن پایان نامه/ رساله حاضر، چارچوب (فرمت) مصوب تدوین گزارش های پژوهشی تحصیلات تکمیلی دانشگاه شاهد به طور کامل مراعات شده و نهایتاً این که، کلیه حقوق مادی ناشی از گزارش پایان نامه/ رساله حاضر، متعلق به دانشگاه شاهد می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو(دست نویس):.....

امضاء دانشجو:

تاریخ:

تقدیم به

دو شهید گمنام دانشگاه شاهد

تقدیر و تشکر

سپاس خدای راکه اگر بندگانش را از شناختن آئین سپاسگزاری بر عطایای پیاپی که به ایشان داده و نعمت های پیوسته که براشان کامل ساخته محروم می ساخت، در نعمت هایش تصرف می کردند و سپاس نمی گزاردند و در روزیش دست می گشادند و شکر نمی کردند، و اگر چنین می بود از حدود انسانیت به مرز بهیمیت می رفتند... سپاس خدای را بر آنچه از خدایی به ما شناسانده و بر آنچه از شکر خود به ما الهام کرده و بر آن در ها که از علم به ربوبیتش به ما شناسانده... سپاس خدای را به هر نهج که نزدیکترین فرشتگان به او و گرامی ترین آفریدگان به او و پسندیده ترین ستایش کنندگان در پیشگاه او وی را سپاس گزارده اند. سپاسی که از دیگر سپاس ها برتر باشد مانند برتری پروردگار ما بر همهٔ آفریدگانش... خدایا، درود بفرست بر محمد و خاندانش و رازهای دل های ما و جنبش های اندام های ما و نگاه های دیدگان ما را و سخنان زبان های ما را چنان گردان که موجب ثواب باشد...

از استاد راهنمای گرامی جناب آقای دکتر ملاح زاده به خاطر راهنمایی ها و صبوری که در طی انجام این پایان نامه داشتند قدردانی میکنم.

همچنین از آقای دکتر محمد علی نژاد که در این مسیر از راهنمایی و کمک ایشان بهره بردم، بسیار تشکر میکنم.

چکیده

استفاده از فناوری‌های کم‌هزینه و با عملکرد بالا برای سیستم‌های تجاری با عرض باند بالا و در فرکانس‌های مایکروویو و موج میلیمتری لازم و ضروری است. فناوری موجبر مستطیلی همچنان به عنوان یکی از گزینه‌های اصلی در مدارات فرکانس بالا مطرح است، اگرچه ساخت آن پرهزینه و زمان‌بر است. از سویی دیگر فناوری مدارهای مسطح با ضریب کیفیت بالا از اهمیت بالایی برخوردار است. در این پایان‌نامه به بررسی دو نوع فیلتر پهن باند موجبری، با مشخصات باند قطع بهبودیافته پرداخته می‌شود. فیلتر اول از کنارهم قرار دادن دو فیتر بالاگذر و پایین‌گذر حاصل می‌شود. با استفاده از فناوری موجبر مجمتع بر زیرلایه، فیلتر بالاگذر طراحی می‌گردد و سپس یک ساختار جدید باند قطع انرژی به منظور تحقق فیلتر پایین‌گذر بر روی سطح موجبر قرار داده می‌شود. این فیلتر قابلیت طراحی در محدوده فرکانس‌های مختلف را دارد. نتیجتاً یک فیلتر در پهنای باند ۸-۱۶ گیگاهرتز و تیزی ۵۰ دسیبل در پهنای فرکانسی ۴۰۰ مگاهرتز طراحی شده‌است. این فیلتر از نظر تیزی، وسعت و عمق باند قطع نسبت به کارهای گذشته بهبود یافته است. فیلتر دوم با استفاده از فناوری موجبری و با روش فیلتر بین انگشتی طراحی شده است. پس از طراحی فیلتر در پهنای باند ۲-۴ گیگاهرتز، با بکاربردن یک پیچ تنظیم و صفحه امپدانس بالا بر روی صفحه بالایی موجبر، مشخصات باند قطع این فیلتر بهبود یافت و به کمتر از ۲۰ دسیبل رسید.

کلید واژه: فیلتر میان‌گذر، باند قطع تیز و وسیع، موجبر مجتمع شده بر زیرلایه، باند قطع انرژی، فیلتر بین انگشتی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست شکل‌ها ..... د

فهرست جدول‌ها ..... ح

فهرست اختصارات ..... ط

فصل ۱: مقدمه ۱

۱-۱- پیشگفتار ۲

۱-۲- شیوه‌های نوین ۴

۱-۳- هدف از انجام پایان‌نامه ۶

۱-۴- ساختار گزارش ۷

فصل ۲: موجبرهای مجتمع در زیرلایه(SIW) ۸

۲-۱- مقدمه ۹

۲-۲- موجبرهای مجتمع شده در زیرلایه ۱۰

۲-۳- تحلیل موجبرهای مجتمع شده در زیرلایه ۱۳

۲-۴- ملاحظات طراحی ساختار ۱۴

۲-۴-۱- طراحی موجبر مناسب ۱۴

۲-۴-۲- خط گذر میکرواستریپ به SIW ۱۶

۲-۵- تلفات ساختارSIW ۱۸

فصل ۳: ساختارهای متناوب ۲۰

۳-۱- مقدمه ۲۱

۳-۲- معرفی و تاریخچه صفحه انتخابگر فرکانس ۲۱
۳-۲-۱- المانهای FSS ۲۳
۳-۲-۲- اندازه المان ۲۶
۳-۳- معرفی ساختارهای باند ممنوعه الکترومغناطیسی و نوری ۲۷
۳-۴- مقایسه سطوح فلزی معمولی و سطوح امپدانس بالا ۲۹
۳-۴-۱- هادی الکتریکی ۲۹
۳-۴-۲- سطوح امپدانس بالا ۳۲
۳-۵- بررسی امواج سطحی در مرزهای مختلف ۳۴
۳-۵-۱- مرز دی‌الکتریک ۳۵
۳-۵-۲- سطوح فلزی ۳۸
۳-۵-۳- سطوح امپدانسی ۴۱
۳-۶- سطوح ترکیبی ۴۴
۳-۶-۱- سطوح دارای برآمدگی ۴۴
۳-۶-۲- سطوح شکافدار ۴۶
۳-۶-۳- مدل موثر و پارامترهای مداری ۴۶
۳-۷- مدل مداری خط انتقال متناوب یک نمونه از ساختارهای PBG دو بعدی ۴۸
۳-۸- مقدمه فیلترهای بین انگشتی ۵۱
۳-۹- طراحی فیلتر میانگذر بین انگشتی ۵۱
۳-۹-۲- مقدمه‌ای بر ارتباط میان فیلتر میانگذر و پایینگذر ۵۲
۳-۹-۳- خطوط مزدوج موازی ۵۸
۳-۹-۴- آرایه‌ای از خطوط موازی تزویج شده ۶۰

۳-۱۰- اصلاح فیلتر ۶۲

فصل ۴: طراحی مدار معادل فیلترهای میکرواستریپی و بین انگشتی ۶۳

۴-۱- مقدمه ۶۴

۴-۲- مدل مداری PBG دو بعدی و خط ریز نواری ۶۴

۴-۳- فیلتر میانگذر بین انگشتی ۶۹

فصل ۵: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۷۴

۵-۱- نتیجه‌گیری ۷۵

۵-۲- پیشنهادات ۷۵

۵-۲-۱- معرفی الگوریتم ژنتیک ۷۶

واژه نامه انگلیسی به فارسی ۸۱

فهرست مراجع ۸۲

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل (۱-۱) نما و نتایج شبیه سازی و ساخت فیلترهای [۹و۸] ۶

شکل (۲-۱) هندسه ساختارهای متفاوت SIC غیرمسطح: (الف)SIW. (ب)SISW. (ج)
SINRD،(د)SIIDG، (ه)SIINDG و (و)SIIG [۱۰] ۱۱

شکل (۲-۲) موجبر مجتمع در زیرلایه ۱۱

شکل (۲-۳) توزیع جریان‌های سطحی مد غالب بر روی یک موجبر مستطیلی[۱۲] ۱۳

شکل (۲-۴) ساختار SIW در سمت چپ و ساختار موجبر مستطیلی معادل در سمت راست[۱۱] ۱۶

شکل (۲-۵) ساختار خط گذر مایکرواستریپ به SIW[۱۵] ۱۷

شکل (۲-۶) توپولوژی معادل خط گذر میکرواستریپ به SIW: a) نمای بالای این خط میکرواستریپ، b)
مدل موجبر یک خط میکرواستریپ، c) میکرواستریپ تیپرشده d) گام میکرواستریپ به SIW[۱۵] ۱۷

شکل (۲-۷) محدوده های مختلف ساختار SIW [۲۴] ۱۹

شکل (۳-۱) یک آرایه با المانهای دلخواه و نحوه چینش دلخواه[۲۷] ۲۲

شکل (۳-۲) پاسخ فرکانسی برای دو شبکه دوگان ۲۴

شکل (۳-۳) صفحه تابش توسط زاویه α و راستای تابشγ مشخص شده است[۳۰] ۲۵

شکل (۳-۴) تقسیم انواع اشکال در چهار گروه[۳۰] ۲۶

شکل (۳-۵) آنتنی به موازات صفحه زمین ۳۰

شکل (۳-۶) آنتنی که با فاصله از صفحه زمین قرار گرفته است ۳۰

شکل (۳-۷) موج سطحی TM که در طول قطعه فلز حرکت میکند ۳۱

شکل (۳-۸) تداخل چند مسیره به علت امواج سطحی روی صفحه زمین ۳۱

شکل (۳-۹) سطح مقطع یک سطح امپدانس بالا ۳۲

شکل (۳-۱۰) نمای بالای یک سطح امپدانس بالا ۳۲

شکل (۳-۱۱) مدار معادل برای سطح امپدانس بالا ۳۳

شکل (۳-۱۲) موج سطحی TE که در امتداد سطح امپدانس بالا حرکت میکنند ۳۳

شکل (۳-۱۳) آنتن دایپل به موازات صفحه زمین امپدانس بالا ۳۴

شکل (۳-۱۴) موج سطحی روی مرز بین دو ماده نامتشابه ۳۵

شکل (۳-۱۵) نمودار پاشندگی برای پلاسماهای سطحی نوری روی فلز ۴۱

شکل (۳-۱۶) ناحیه مستطیلی شکل برای محاسبه امپدانس سطحی [۴۱] ۴۱

شکل (۳-۱۷) انتشار موج سطحی بر روی سطح امپدانسی فرضی[۴۱] ۴۲

شکل (۳-۱۸) ورقه فلزی دارای برآمدگی با شکاف باند باریک[۳۶] ۴۵

شکل (۳-۱۹) روند تبدیل سطح دارای برآمدگی به سطح امپدانس بالا [۴۰] ۴۵

شکل (۳-۲۰) ورقه فلزی شکافدار [۴۰] ۴۶

شکل (۳-۲۱) مقطع عرضی یک سطح امپدانس بالای دولایه[۴۲] ۴۷

شکل (۳-۲۲) منشأ خاصیت خازنی و سلفی ۴۷

شکل (۳-۲۳) مدل المان فشرده ۴۷

شکل (۳-۲۴)سطوح امپدانس بالا. (a) آرایه صفحات فلزی مربعی با وایا. (b) آرایه فلزات مربعی با شاخه های متصل به رزوناتور. (c) مدار معادل ساختار هر رزوناتور[۴۵] ۴۹

شکل (۳-۲۵) مدار معادل ساختار متناوب[۴۵] ۴۹

شکل (۳-۲۶) مدار معادل ساختار متناوب الف) استاب اتصال کوتاه. ب)استاب مدار باز [۴۹] ۵۲

شکل (۳-۲۷) مدل مداری الگوی اولیه یک فیلتر پایین گذر [۵۰] ۵۳

شکل (۳-۲۸) مدل مداری فیلتر میانگذر بدست آمده از الگوی یک فیلتر پایین گذر[۵۰] ۵۴

شکل (۳-۲۹) مدل مداری فیلتر میان گذر با استفاده از الف)مبدلهای K ب)مبدلهای J ۵۶

شکل (۳-۳۰) مدل مداری فیلتر میان گذر با استفاده از مبدلهای K ۵۶

شکل (۳-۳۱) مدل مداری فیلتر میان گذر با استفاده از الف) مبدلهای K و راکتانسهای سری ب) مبدلهای J و سوسپتانس های موازی ۵۷

شکل (۳-۳۲) مدار معادل خطوط تزویج موازی a) مد زوج b)مد فرد c)[۵۲] ۵۹

شکل (۳-۳۳) مدار معادل خطوط تزویج موازی ۶۰

شکل (۳-۳۴) آرایه ای از خطوط تزویج موازی[۴۹] ۶۰

شکل (۳-۳۵) آرایهای از خطوط تزویج موازی (a) مدار معادل مبدل ادمیتانس(b)[۵۲] ۶۱

شکل (۴-۱) ساختار خط گذر میکرواستریپ به SIW. ar=12, d=0.4, p=0.8, w= 5.8, l=1, w0=1.2, h=0.5، تمامی اندازه ها برحسب میلی متر ۶۴

شکل (۴-۲) سطوح شبیه سازی ساختار SIW در hfss با عرضهای متفاوت به ترتیب از چپ به راست: ۲۵، ۲۰، ۱۲، ۱۰، ۷.۲ میلی متر ۶۵

شکل (۴-۳) مدار معادل ساختار متناوب ۶۵

شکل (۴-۴) طرح EBG پیشنهادی ۶۶

شکل (۴-۵) پارامترهای پراکندگی برحسبdb و در محدوده فرکانس ۵-۱۸ ..... ۶۷

شکل (۴-۶) پارامترهای پراکندگی برحسبdb و در محدوده فرکانس ۲-۲۵ ..... ۶۷

شکل (۴-۷) نمونه ساخته شده فیلتر میان گذر ۶۸

شکل (۴-۸) فیلتر میان گذر بین انگشتی در باند ۲-۴ گیگاهرتز ۶۹

شکل (۴-۹) پارامترهای پراکندگی فیلتر بین انگشتی در باند فرکانسی ۲-۴ گیگاهرتز ۷۰

شکل (۴-۱۰) نمودارهای پراکندگی فیلتر در محدوه فرکانسی ۰-۲۰گیگاهرتز ۷۰

شکل (۴-۱۱) نما و نتیجه یک فیلتر پایین گذر ریزنواری بر روی یک صفحه زمین PBG [۶۰] ۷۱

شکل (۴-۱۲) نتیجه فیلتر میانگذر پس از قرار دادن یک سطح EBG ۷۱

شکل (۴-۱۳) بردارهای میدان الکتریکی در فرکانس هارمونیک ساختار بین انگشتی ۷۲

شکل (۴-۱۴) اندازه میدان الکتریکی در فرکانس هارمونیک ۷۲

شکل (۴-۱۵) بردار میدان الکتریکی پس از وارد کردن پیچ تنظیم ۷۳

شکل (۴-۱۶) پارمتر پراکندگی ساختار بین انگشتی به همراه پیچ و صفحه EBG ۷۳

شکل (۵-۱) بلوک دیاگرام الگوریتم ژنتیک[۶۱] ۷۸

شکل (۵-۲) اشکال از پیش تعریف شده و کروموزوم مربوط به آنها در طراحی فیلتر دو بانده به کمک الگوریتم ژنتیک[۶۲]. ۸۰

شکل (۵-۳) شکل فیلتر ایجاد شده توسط کروموزوم [۶۲] ۸۰

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳- ۱ مقایسه المان‌ها در شکل پاسخ فرکانسی در چهار نوع فاکتور اساسی ۲۷

جدول ۴- ۱ مقادیر بهینه شده طرح EBG برحسب mm ۶۶

جدول ۴- ۲ مقادیر بهینه شده فیلتر بین انگشتی بر حسب mm ۶۹

فهرست اختصارات

عنوان	علامت اختصاری
Artifitial magnetic conductor	AMC
Boundary Integral-Resonant Mode Expansion	Bi-RME
Coplanar waveguide	CPW
Defected ground structure	DGS
Electromagnetic Band Gap	EBG
Electronic Intelligence Systems	ELINT
Finite-Difference Frequency Domain	FDFD
Frequency devision multiplexing	FDM
Genetic Algorithm	GA
half-mode substrate-integrated waveguide	HMSIF
half-mode substrate-integrated waveguide folded	HMSIWF
High Temperature Co-Fired Ceramic	HTCC
instantaneous- frequency-measurement	IFM
Method of line	MOL
Microelectromechanical system	MEMS
Microwave Integrated Circuit	MIC
Post wall waveguid	PWWG
Radar Warning Receivers	RWR
Signal Intelligence Systems	SIGINT
Substrate integrated circuit	SIC

فصل ۱: مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

فیلترها از وسایل بسیار مهم در حوزه فرکانس رادیویی و مایکروویوی به شمار می‌روند. این شبکه‌ها به منظور انتخاب، رد کردن، ترکیب و یا جداسازی بازه‌های فرکانسی مختلف در سیستم‌های مایکروویوی و یا رادیویی به کار می‌روند. فیلترها یکی از مهمترین ادوات مایکروویوی به شمار می‌روند که به منظور دست‌یابی به پاسخ دقیق فرکانسی طراحی می‌شوند. نیاز به طراحی یک فیلتر با کارایی مناسب در سیستم‌های بی‌سیم و شبکه‌های مخابراتی سیار و ثابت به عنوان یک مساله مطرح است، چراکه محدودیت‌هایی از نظر کارایی در مشخصه‌های فیلتر وجود دارد.

امروزه با پیشرفت‌های به وجود آمده در زمینه‌ی زیر لایه‌های LTCC[1] و سوئیچ‌های MEMS[2]، و نوآوری‌های روزانه در زمینه اجزاء فعال فرکانس رادیویی کم حجم وتوان پایین، ماژول‌های ارسال و دریافت با عملکرد بالا در سیستمهای بی سیم دست یافتنی شده‌اند. لیکن این مسئله در رابطه با اجزاء غیرفعال مایکروویوی مانند فیلترها چندان صادق نمی‌باشد و پیشرفت‌های انجام شده در زمینه کوچک سازی و بهبود عملکرد آنها در مقایسه با اجزاء فعال بسیار اندک بوده است. به همین علت پیش بینی می‌شود تلاش برای دست‌یابی به اجزاء مایکروویوی غیرفعال برای سیستم‌های بی-سیم نظیر فیلترهای مایکروویوی با عملکرد بالا یکی از مهمترین مسائل پیشرو در طراحی سیستم-های مخابراتی نسل آینده باشد.

فیلترهای پهن باند با درجه تیزی بالا در ورودی و خروجی سیستم‌های پهن باند از جمله: RWR[3]، ELINT[4]، SIGINT[5] ، IFM[6] و همچنین دستگاه‌های نوار مغزی[7] مورد استفاده قرار می‌گیرند.

---

[1] Low temperature co-fired ceramic

[2] Microelectromechanical system

[3] Radar Warning Receivers

[4] Electronic Intelligence Systems

[5] Signal Intelligence Systems

[6] instantaneous- frequency-measurement

[7] Electroencephalography

سیستم‌های IFM، به طور گسترده‌ای در بسیاری از سیستم‌های الکترونیکی نظامی استفاده می‌شود. آنها از اجزء ضروری در انواع برنامه‌های کاربردی از جمله هوابرد و دریایی، تلفن همراه، ارتباطات هوایی دفاعی به شمار می‌روند. امروزه از گیرنده‌های IFM به طور فزاینده‌ای در سیستم‌های الکترونیکی وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین (پهپاد) برای ماموریت‌های مهم نظامی و همچنین نظارت و عملیات بکار گرفته شده است. فیلترهای با درجه تیزی بالا، در ابتدا به منظور جلوگیری از تداخل صوت در سیستم‌های تلفنی fDM[1] مورد استفاده قرار می‌گرفت.

در مهندسی مایکروویو، خطوط میکرواستریپی[2] به علت فشردگی ابعاد و قابلیت مجتمع پذیری، بطور وسیع در طراحی تمام انواع مدارهای فعال و غیر فعال استفاده می‌شوند. اما با افزایش فرکانس، یک مدار میکرواستریپ به عنوان یک ساختار باز تشعشع نامطلوبی از خود نشان می‌دهد. این تشعشع نه تنها معرف تلفات اضافی در مدار است، بلکه دارای اثر منفی روی محیط اطراف نیز می‌باشد. از طرف دیگر ساختار مدارهای موجبری متداول، دارای حداقل تلفات تشعشعی به دلیل بسته بودن محیط و محصور بودن تمام انرژی الکترومغناطیسی به داخل موجبر می‌باشند. همچنین با افزایش فرکانس، ابعاد فیزیکی آنها نیز کاهش می‌یابد. اما با این حال مجتمع پذیری بسیاری از مدارهای موجبری به راحتی مدارهای میکرواستریپی نیست [۱].
نوع جدیدی از خط انتقال با عنوان موجبر مجتمع بر زیرلایه (SIW[3]) اخیراً" محبوبیت قابل توجه‌ایی پیدا کرده است. این فناوری موجبری با هزینه کم برای کاربردهای مایکروویو و موج میلیمتری فراهم می‌کند که هم دارای مزیت مجتمع سازی ساده میکرواستریپ و هم تلفات کم موجبر معمولی می‌باشد. از آنجایکه انرژی انتشاری این مدها تقریبا به منطقه بین استوانه‌ها محدود می‌شود، بنابراین SIW دارای ضریب کیفیت زیادتر و تلفات کمتر نسبت به دیگر ساختارهای موجبری مسطح مانند خطوط نواری[4] و موجبر هم صفحه[5] می‌باشد. همچنین SIW دارای پهنای

---

1 Frequency division_multiplexing

2 Microstrip

3 Substrate integrated waveguide

4 Strip line

5 Coplanar

باند وسیع و قابلیت پیاده سازی مجتمع در تکنولوژی‌های موجود شبیه بردهای مدار چاپی[1] و LTCC می‌باشد.

از سویی دیگر ساختارهای متناوب دوبعدی با خاصیت فیلتری که از خود نشان می‌دهند می‌توانند یک فیلتر فضایی ایجاد کنند و به نوبه خود یک فیلتر بالاگذر و یا پایین‌گذر را در محدوده فرکانسی دلخواه ایجاد نمایند. با طراحی یک المان باند قطع انرژی که به نوعی صفحه امپدانس بالا را تشکیل می‌دهد، می‌توان فیلتر پایین‌گذر با خصوصیات مناسب را طراحی و به عنوان لایه رویی در ساختار SIW استفاده کرد. این دو ساختار یک فیلتر میان‌گذر با مشخصات بهبود یافته‌ای را نتیجه می‌دهند. این روش علاوه بر حفظ مزیت‌های ساختار SIW، معایب ساختارهای زمین معیوب(DGS)[2] را نیز نخواهد داشت. در طراحی سیستم‌های فرکانس بالا، غالباً برای کاهش نویز به وجود آمده از ادوات مایکروویو و یا موج میلیمتری نیاز به صفحه زمین وسیع می‌باشد و بنابراین با استفاده ساختار مذکور، از تلف تشعشعی کاسته خواهد شد.

فیلترهای موجبری به علت کم تلف و بدون تشعشع بودن و نیز فشرده بودن به‌طور متداول در مدارهای مختلف و خصوصاً کاربردهای راداری استفاده می‌شوند. با توجه به این مزیت‌ها می‌توان با طراحی دقیق و نیز بکارگیری روش‌هایی جهت وسیع و تیز نمودن باند قطع از بسیاری از محدودیت‌های این ادوات کاست. در این پایان‌نامه با طراحی دقیق و بهینه سازی مناسب و سپس استفاده از صفحه امپدانس بالا و نیز پیچ تنظیم فیلتر با مشخصات بهبود یافته محقق شد.

۱-۲- شیوه‌های نوین

قبل از ارائه مدل‌های پیشنهادی، لازم است انواع روش‌هایی که در سال‌های اخیر منجر به بهبود عملکرد فیلتر از نظر پهن باند بودن، تیزی و نیز وسیع بودن باند قطع شده است، مورد بررسی و مطالعه قرار گیرند.

---

1 Printed circuit board

2 Defected ground structure