بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی امیر کبیر
دانشکده مهندسی برق

طراحی و تحلیل غیر خطی و ساخت آنتن مایکرواستریپ فعال، بهبود یافته با استفاده از فتونیک کریستال صفحه ای

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق- مخابرات (میدان)

نگارش
مسعود دهمرده

استاد راهنما
آقای دکتر ایاز قربانی
استاد مشاور
آقای دکتر عبدالعلی عبدی پور

بهار ۱۳۸۸

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی‌تکنیک تهران)

بسمه تعالی

فرم اطلاعات پایان‌نامه
کارشناسی- ارشد و دکترا

تاریخ:
شماره:

معاونت پژوهشی
فرم پروژه تحصیلات تکمیلی ۷

مشخصات دانشجو:

نام و نام خانوادگی:مسعود دهمرده دانشجوی آزاد ● بورسیه ○ معادل ○
شماره دانشجوئی: ۸۵۱۲۳۰۳۴ دانشکده: برق رشته تحصیلی: مهندسی برق گروه: مخابرات - میدان

مشخصات استاد راهنما:

نام و نام خانوادگی: آقای دکتر ایاز قربانی درجه و رتبه: دانشیار
نام و نام خانوادگی: درجه و رتبه:

مشخصات استاد مشاور:

نام و نام خانوادگی: آقای دکتر عبدالعلی عبدی پور درجه و رتبه: استاد
نام و نام خانوادگی: درجه و رتبه:

عنوان پایان‌نامه به فارسی : طراحی و تحلیل غیرخطی و ساخت آنتن مایکرواستریپ فعال، بهبود یافته با استفاده از فتونیک کریستال صفحه ای

عنوان پایان‌نامه به انگلیسی: Design and nonlinear analysis and fabrication of active microstrip antenna enhanced using planar photonic crystals

نوع پروژه: کارشناسی○ ارشد● دکتر ا ○ سال تحصیلی:۸۸
کاربردی ○ بنیادی○ توسعه‌ای ● نظری○

تاریخ شروع : مهر ۸۶ تاریخ خاتمه : بهار ۸۸ تعداد واحد : ۹ سازمان تأمین کننده اعتبار : مرکز تحقیقات مخابرات ایران

واژه‌های کلیدی به فارسی: آنتن فعال مایکرواستریپ، فتونیک کریستال صفحه ای، ساختار زمین ناقص

واژه‌های کلیدی به انگلیسی : Active Antenna- Microstrip Antenna- Planar photonic crystal- DGS

مشخصات ظاهری	تعداد صفحات ۱۵۲	تصویر● جدول● نمودار ○ نقشه ○ واژه‌نامه ○			تعداد مراجع ۴۰	تعداد صفحات ضمائم ۲۵
زبان متن	فارسی ●	انگلیسی ○	چکیده	فارسی ●	انگلیسی ●	
یادداشت						

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه

استاد:

دانشجو:

امضاء استاد راهنما: **تاریخ:**

نسخه۱: ارائه به معاونت پژوهشی به همراه یک نسخه الکترونیکی از پایان‌نامه و فرم اطلاعات پایان‌نامه بصورت PDF همراه چاپ چکیده (فارسی انگلیسی) و فرم اطلاعات پایان‌نامه
نسخه۲: – ارائه به کتابخانه دانشکده (به همراه نسخه الکترونیکی فرم و دو جلد پایان نامه و لوح فشرده طبق نمونه اعلام شده در صفحه خانگی کتابخانه

اللهم عجل لولیک الفرج و العافیه و النصر و اجعلنا من خیر انصاره و اعوانه

تقدیم به پدر و مادر عزیزم.

تقدیم به همه آنان که دوستشان دارم.

با تشکر فراوان از زحمات اساتید محترم راهنما و مشاور، جناب آقای دکتر قربانی، جناب آقای دکتر عبدی پور، همچنین اساتید محترم هیئت داوری جناب آقای دکتر راشد و جناب آقای دکتر توکلی که زحمت داوری این پایان نامه را تقبل کردند. همچنین با تشکر از همه دوستان عزیز که به هر نحوی من را در انجام این پروژه یاری کردند.

چکیده

آنتن های فعال یکپارچه آنتن هایی هستند که در آن ها اجزای فعال بـه صـورت مسـتقیم بـا سـاختار آنتن مجتمع شده اند و خاصـیت مـورد نظـر را بـه دسـت مـی دهنـد. در چنـین سـاختارهایی آنـتن مایکرواستریپ همزمان به عنوان بار (در ورودی و یا خروجی، بسته به نوع عملکـرد مـدار) و همچنـین تشعشع کننده رفتار می کند. یکی از مزایای چنین آنتن هایی نسـبت بـه آنـتن هـای عـادی، کـاهش قابـل ملاحظه تلفـات است. از مزایای دیگر می توان به کاهش حجم و ابعاد مجموعه، قابلیت اطمینان بیشتر و هزینه های کمتر ساخت اشاره نمود.

استفاده از ساختارهای متناوب جهت کنترل و تاثیر گذاری مطلوب بر امواج الکترومغناطیسی از دیرباز مرسـوم بـوده اسـت. شـبکه هـای متنـاوب در کاربردهـای آنتنـی بـه کریسـتالهای فتـونی معروفنـد. کریستالهای فتونی به دسته ای از ساختارهای متناوب فلزی، عایقی و یا ترکیبی از ایـن دو گفتـه مـی شود که با تناوب مشخص در حوزه مکان با الگوی یک بعدی، دو بعدی یا سه بعـدی تکـرار شـده و در برخی باندهای فرکانسی، در یک یا چند جهت از خود باندهای ممنوعه (bandgap) نشان می دهند.

در این پروژه برای اولین بار با بکارگیری ساختارهای کریستال فتونی در آنتن فعال مجتمـع توانسـتیم بطور همزمان پارامترهای مختلف قسمت فعال مداری از جمله هارمونیـک هـای فرعـی و انـدازه مـدار فعال و همچنین پارامترهای قسمت آنتنی مانند سطح هارمونیک های دوم و سوم و ابعاد آنتن و بهـره را بهبود ببخشیم. در این پروژه دو آنتن فعال مجتمع بهبود یافته در دو حالت گیرندگی و فرسـتندگی طراحی، شبیه سازی و ساخته شد. در مرحله اول یـک آنـتن فعـال در فرکـانس کـاری ۳ GHz و در حالت گیرندگی طراحی و ساخته شد. از آنجا که آنتن فعال بصورت مجتمع طراحی شده است، شـبکه تطبیق ورودی تقویت کننده حذف شد و بجای آن آنتن طراحی شده با امپدانسـی برابـر بـا امپـدانس ورودی این شبکه تطبیق طراحی و جایگزین شد. بهینه سازیهای مختلفی بر روی ایـن آنـتن مجتمـع انجام شده است. در قسمت دوم پروژه آنـتن فعـال دیگـری را بـرای کـار در فرکـانس ۱۰ GHz و در حالت فرستندگی طراحی کردیم. در قسمت فعال از یک تقویت کننده متقارن باند X استفاده شد. بـا استفاده از ساختار زمین ناقص در شبکه تطبیق خروجی این تقویـت کننـده، سـطح هارمونیـک دوم و سوم را به ترتیب به اندازه ۱۱ dB و ۷ dB کاهش داده و حجم مدار نیز تا حد ۲۰٪ کاهش پیدا کرده است. با استفاده از یک آرایه ۲ در ۲ کریستال فتونی مربعی شکل و یک ساختار زمـین نـاقص، بهینـه سازی بر روی پچ انجام شد که شامل کاهش اندازه حدود ۱۵٪ و افزایش بهره می باشد.

فهرست مطالب

مقدمه ۹

۱-۱ آنتن های فعال ۱۰

۱-۲ کریستال های فتونی: معرفی، تاریخچه و کاربرد ۱۰

۱-۳ کاربرد کریستال های فتونی در آنتن فعال ۱۴

۱-۴ ساختار پایان نامه ۱۵

مقدمه ای بر آنتن های مایکرواستریپ ۱۸

۲-۱ مقدمه ای بر آنتن های مایکرواستریپ ۱۹

۲-۲ روش های تغذیه آنتن مایکرواستریپ ۲۰

۲-۲-۱ روش تغذیه با خط مایکرواستریپ ۲۱

۲-۲-۲ روش تغذیه با خط هم محور ۲۲

۲-۲-۳ روش تغذیه تزویج روزنه ای ۲۳

۲-۲-۴ روش تغذیه مجاورتی ۲۴

۲-۳ تحلیل آنتن مایکرواستریپ ۲۵

۲-۳-۱ روشهای تحلیل آنتن مایکرواستریپ ۲۶

۲-۳-۲ پچ مستطیلی ۲۶

۲-۳-۳ مدل خط انتقال برای پچ مستطیلی ۲۷

۲-۴ امواج سطحی ۳۰

کریستال های فتونی و ساختار زمین سوراخ شده ۳۱

۳-۱ کریستال های فتونی ۳۲

۳-۲ تاثیر شکل پترن در رفتار کریستال فتونی صفحه ای ۳۴

۳-۲-۱ مقدمه ۳۴

۳-۲-۲ کریستال فتونی یک بعدی مربعی شکل با توزیع یکنواخت ۳۴

۳-۲-۳ کریستال فتونی یک بعدی مربعی شکل با توزیع دو جمله ای ۳۸

۳-۲-۴ توزیع دو جمله ای ۳۸

۳-۲-۵ کریستال فتونی یک بعدی مربعی شکل با توزیع دو جمله ای ۳۹

۳-۲-۶ دو فیلتر پشت سر هم بسته شده کریستال فتونی صفحه ای با توزیع دو جمله ای ۴۵

۳-۲-۷ نتیجه گیری ۴۶
۳-۳ ساختار زمین ناقص (DGS) ۴۶
۳-۳-۱ معرفی ساختار زمین ناقص ۴۶
۳-۳-۲ کاربردهای ساختار زمین ناقص ۴۷
طراحی آنتن فعال ۴۹
۴-۱ طراحی تقویت کننده گیرنده ۵۰
۴-۱-۱ مشخصات ترانزیستور ۵۰
۴-۱-۲ طراحی مدارات بایاس DC ۵۰
۴-۱-۳ مسائل مربوط به پایداری و طراحی تقویت کننده اولیه ۵۱
۴-۱-۴ راه حل پیشنهادی برای بهبود پارامترهای تقویت کننده پایدار شده ۵۵
۴-۲ تحلیل غیرخطی ۶۰
۴-۲-۱ روشهای تحلیل مدارهای غیرخطی ۶۰
۴-۲-۱-۱ روشهای حوزه زمان ۶۰
۴-۲-۱-۲ روش حوزه زمان- فرکانس (روش توازن هارمونیکی) ۶۱
۴-۲-۱-۳ روش حوزه فرکانس (روش سری ولترا) ۶۱
۴-۲-۲ تحلیل غیر خطی تقویت کننده به روش توازن هارمونیکی ۶۲
۴-۳ طراحی آنتن ۶۴
۴-۳-۱ طراحی آنتن اولیه ۶۵
۴-۳-۲ طراحی ساختار زمین ناقص ۷۳
۴-۳-۳ طراحی آنتن بهبود یافته به کمک ساختار زمین ناقص ۷۵
۴-۴ طراحی و شبیه سازی تقویت کننده قدرت در باند X ۸۲
۴-۴-۱ معرفی تقویت کننده توان ۸۲
۴-۴-۲ بکارگیری ساختار زمین ناقص در تقویت کننده ۸۴
۴-۴-۳ تحلیل غیر خطی ۹۱
۴-۵ طراحی آنتن در باند X ۹۴
۴-۵-۱ طراحی آنتن مرجع در باند X ۹۴
۴-۵-۲ طراحی آرایه کریستال فتونی دو بعدی ۹۷
۴-۵-۳ طراحی آنتن بهبود یافته به کمک کریستال فتونی متناوب دو بعدی ۹۸
۴-۵-۴ کاهش هارمونیک دوم آنتن بهبود یافته به کمک ساختار زمین ناقص ۹۹

نتایج ساخت و اندازه گیری ها **۱۰۳**
۵-۱ ساخت و اندازه گیری آنتن فعال مجتمع در حالت گیرندگی ۱۰۴
۵-۲ ساخت و اندازه گیری آنتن فعال مجتمع در حالت فرستندگی ۱۰۶
نتیجه گیری و پیشنهادات **۱۱۱**
ضمائم **۱۱۴**
ضمیمه ۱: تعیین نقطه کار ترانزیستور ۱۱۴
انتخاب نقطه کار ۱۱۶
ضمیمه ۲: طراحی تقویت کننده کلاس A ۱۱۹
طراحی تقویت کننده کلاس A ۱۲۰
پایداری ۱۲۱
تعیین امپدانس بار و نقطه کار ۱۲۱
تعیین امپدانس ورودی و بهینه سازی طرح با کمک نرم افزار ۱۲۳
طراحی بخشهای مختلف تقویت کننده در برد مایکرواستریپ و نتایج شبیه سازی ۱۲۴
نتایج شبیه سازی تقویت کننده منفرد، به کمک نرم افزار ۱۲۷
معرفی تقویت کننده های متوازن ۱۲۸
طراحی کوپلر هیبرید ویلکینسون ۱۲۹
نتایج شبیه سازی تقویت کننده متوازن، به کمک نرم افزار ۱۳۲
ضمیمه ۳: کاتالوگ ترانزیستور NE4210S01 ..... ۱۳۴
منابع **۱۴۰**

فصل اول

مقدمه

۱-۱ آنتن های فعال

آنتن های فعال یکپارچه[۱] آنتن هایی هستند که در آن ها اجزای فعال به صورت مستقیم با ساختار آنتن مجتمع شده اند و خاصیت مورد نظر را به دست می دهند. در چنین ساختارهایی آنتن مایکرواستریپ همزمان به عنوان بار (در ورودی و یا خروجی، بسته به نوع عملکرد مدار) و همچنین تشعشع کننده رفتار می کند. یکی از مزایای چنین آنتن هایی نسبت به آنتن های عادی که در آن ها هر جزء مستقلا تولید و سپس از طریق خطوط انتقال متصل می شود، کاهش قابل ملاحظه تلفات است. این امر به ویژه در فرکانس های بالا و همچنین در گیرنده های کم نویز اهمیت بیشتری می یابد. از مزایای دیگر می توان به کاهش حجم و ابعاد مجموعه، قابلیت اطمینان بیشتر و هزینه های کمتر ساخت اشاره نمود.

آنتن های فعال کاربردهای فراوانی در مخابرات دارند که از جمله آن می توان به کارکردهای تجاری در سیستم های بی سیم، رادار و transceiver ها اشاره کرد[۱].

آنتن های اکتیو مایکرواستریپی را می توان با توجه به اینکه چه قطعات فعالی در آن ها به کار رفته، تقسیم بندی نمود. این قطعات می توانند تولید سیگنال RF ، تقویت سیگنال RF و یا تبدیل فرکانس را انجام دهند. به این ترتیب بر پایه عملکرد قطعه، آنتن اکتیو را می توان در قالب کلاس اسیلاتوری[۲]، کلاس تقویت کننده[۳] و یا کلاس مبدل فرکانس[۴] دسته بندی کرد. البته همین اجزای پایه را می توان برای کاربردهای پیچیده تر مثل transceiver ها ترکیب کرده و مورد بهره برداری قرار داد.

۱-۲ کریستال های فتونی: معرفی، تاریخچه و کاربرد [۲]

استفاده از ساختارهای متناوب[۵] جهت کنترل و تاثیر گذاری مطلوب بر امواج الکترومغناطیسی از دیرباز مرسوم بوده است. شبکه های متناوب در کاربردهای آنتنی به کریستالهای فتونی[۶] معروفند. کریستالهای فتونی به دسته ای از ساختارهای متناوب فلزی، عایقی و یا ترکیبی از این دو گفته می شود که با تناوب مشخص در حوزه مکان با الگوی یک بعدی، دو بعدی یا سه بعدی تکرار شده و در برخی باندهای فرکانسی، در یک یا چند جهت از خود باندهای ممنوعه (bandgap) نشان می دهند. در این باند ها امواج تابشی از جهات مختلف به صورت مخرب با یکدیگر تداخل کرده (destructive interference) و در نتیجه انتشار آنها متوقف می شود.

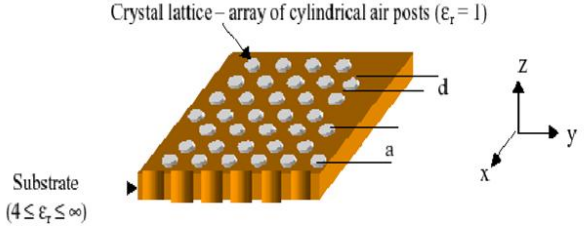
---

[۱] Active Integrated Antenna (AIA)
[۲] Oscillator Type
[۳] Amplifier Type
[۴] Frequency Conversion Type
[۵] Periodic structures
[۶] Photonic crystals

کاربرد ساختارهای تناوبی الکترومغناطیسی که معمولا با نامهای متفاوتی مانند Electromagnetic Crystal (EC)، Photonic Crystal (PC)، Electromagnetic Bandgap (EBG) و یا Photonic Bandgap (PBG) شناخته می شوند، به دلیل خواص جالب و رفتار مناسب آنها روز به روز در حال افزایش می باشد.

با توجه به کارایی بالا و موثر کریستالهای فتونی، درسالهای اخیر مطالعات بسیار گسترده ای بر روی این دسته از ساختارهای متناوب انجام شده است. کارکرد بسیاری از قطعات مایکروویو نظیر فیلترها، خطوط انتقال، موجبر ها، تقویت کننده ها و به خصوص آنتنها با کمک کریستالهای فتونی بهبود فوق العاده ای یافته و استفاده از این مواد در ادوات مایکروویو به سرعت رو به گسترش است.

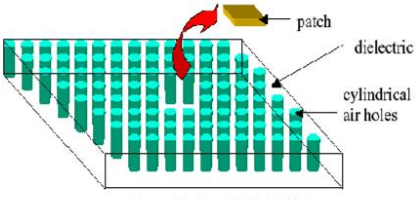
اولین ساختار کریستالی در سال ۱۹۸۷ توسط E. Yablonovitch ارائه شد. ایده اصلی، طراحی ساختاری بود که مانند کریستالهای نیمه هادی معمولی که خواص الکترونها را تحت تاثیر خود قرار می دهند، بتواند بر رفتار فوتونها تاثیرگذار باشد. Yablonovitch با ایجاد تغییرات متناوب در ضریب دی الکتریک عایقی که توسط سوراخهای مکانیکی در یک زیرلایه عایقی ایجاد کرده بود، توانست فرآیند انتشار موج در عایق را تحت کنترل قرار داده و با ایجاد یک باند فرکانسی ممنوعه از انتشار سیگنالهای مایکروویو تابیده شده به عایق در کلیه جهات جلوگیری کند. چنین کریستال فتونی به نام Yablonovite شناخته می شود (شکل ۱-۱).



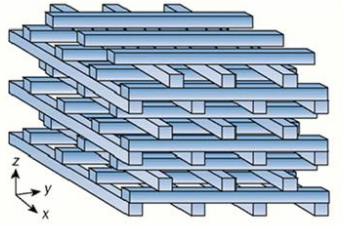
(شکل ۱-۱) فتونیک کریستال Yablonovite

ممکن است اطلاق نام " کریستال فتونی" به ساختارهای مورد استفاده در رژیم مایکروویو و موج میلیمتری قدری ابهام آمیز باشد. فهم این نکته ضروری به نظر می رسد که لفظ "فتونی" در این مبحث نه به معنای ارجاع به فرکانسهای نوری می باشد و نه ارتباطی با نظریه نور ذره ای دارد، بلکه استفاده از این نام به دلیل شباهت عملکرد کریستالها در دو رژیم نوری و مایکروویو می باشد. در حقیقت، از دید معادلات ماکسول تنها تفاوت دو رژیم در مقیاس فرکانسی آنها می باشد و بنابراین بسیاری از ایده های مورد استفاده در رژیم نوری، مستقیماً در فرکانسهای مایکروویو مورد استفاده قرار گرفته اند.

کریستال های فتونی در اشکال متفاوتی ارائه شده اند و هر کدام دارای خصوصیات ویژه ای جهت کاربردهای خاص می باشند. شکل ۱-۲ کریستال فتونی عایقی دو بعدی را که جزء اولین کریستال های فتونی مورد استفاده در آنتنهای مایکرواستریپ می باشد نشان می دهد. این ساختار از ایجاد سوراخهای مکانیکی در لایه دی الکتریک آنتن با الگوی متناوب طراحی شده برای کار در باند فرکانسی مورد نظر ساخته می شود. این سوراخها ممکن است با مواد عایقی متفاوت با زیرلایه اصلی و یا با فلز پر شوند. نشان داده شده است که برای گرفتن باند توقف با پهنای باند قابل استفاده از این ساختار، لازم است نسبت ضریب دی الکتریک زیرلایه به ضریب دی الکتریک سوراخها حداقل ۴ باشد. چنین ساختاری می تواند به حالت سه بعدی تعمیم یابد. معروفترین کریستال فتونی عایقی سه بعدی woodpile نام دارد (شکل ۱-۳).

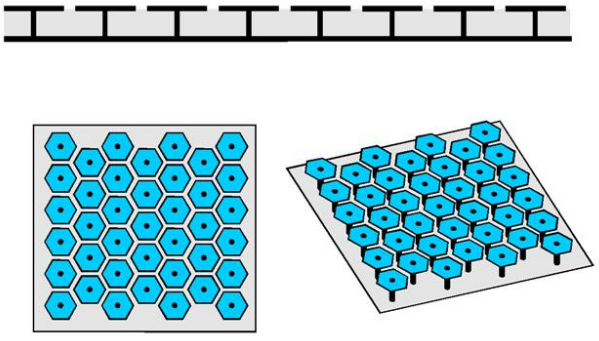


(شکل ۱-۲) کریستال فتونی عایقی دو بعدی

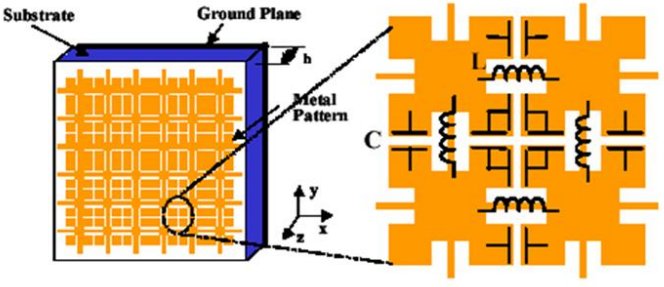


۱

نوع دیگری از کریستال های فتونی که به metallo-dielectric معروفند، از پچ های مربعی (یا شش ضلعی) تشکیل شده است که هر کدام از این پچ ها، با یک میله بسیار نازک (via) به صفحه زمین متصل شده است. شکل ۱-۴ نمونه ای از این کریستال های فتونی را نشان می دهد که به mushroom-like PBG معروفند. از خواص متمایز این ساختار می توان به امپدانس بسیار بالای آن اشاره کرد. از این ساختار برای تولید آنتن مایکرواستریپ باند وسیع با پلاریزاسیون دایروی استفاده می شود.



(شکل ۱-۴) کریستال فتونی عایقی فلزی mushroom-like



(شکل ۱-۵) کریستال فتونی تخت فشرده (UC-PBG)

ساختار کریستال فتونی معمولاً به دلیل اندازه فیزیکی و تناوب ساختار که تقریباً برابر نصف طول موج فرکانس باند شکاف می باشد از نظر جا و اندازه برای برخی کاربردها مشکل‌ساز می شود، به همین دلیل ساختارهای مسطح و فشرده کریستال فتونی (Uniplanar Photonic Crystal) یا ساختار مسطح و فشرده بند گپ، UC-PBG (Uniplanar Compact Photonic Bandgap) در برخی کاربردها پیشنهاد شده است (شکل۱-۵). این ساختار کریستال فتونی از صفحات فلزی که توسط خطوط باریکی به هم وصل شده‌اند (شبکه گسترده LC) تشکیل شده‌اند. این‌ساختار دارای باند توقف وسیعی می‌باشد و نیازی به استفاده از چندین لایه ندارد. یکی از کاربردهای این کریستال های فتونی در مدارهای مجتمع مایکروویوی است. فیلترهای میان‌گذر تشکیل شده از خطوط تزویج شده دارای باندهای عبور ذاتی ناخواسته در فرکانسهای هارمونیک می‌باشند. جهت حذف این باندهای ذاتی ناخواسته که باعث تضعیف کارائی سیستم می شوند باید از فیلترهای دیگری استفاده کرد که این باعث اضافه شدن تلف می‌شود. با استفاده از کریستال های فتونی UC-PBG در طراحی فیلترهای

مایکرواستریپ این باندهای ذاتی را می‌توان حذف نمود. باند توقف وسیع و عمیق UC-PBG جهت حذف باندهای هارمونیک مناسب است.

۳-۱ کاربرد کریستال های فتونی در آنتن فعال

آنتن های فعال افق های جدیدی را برای طراحی مدارات نوین مایکرویوی و موج میلیمتری فراهم کرده است. از نظر مهندسین مایکرویو، آنتن فعال از یک مدار فعال مایکرویوی (مثلا تقویت کننده کم نویز) تشکیل شده است که در دهانه ورودی یا خروجی خود بجای مدارات واسطه ۵۰ اهمی متداول، فضای آزاد را می بیند. در آنتن های فعال از عنصر آنتن نه تنها به عنوان عنصر تشعشع کننده استفاده می شود بلکه برای اعمال مختلفی نظیر فیلترینگ، تشدید کردن و ... نیز استفاده می شود و به عنوان یک قطعه داخلی مدار فعال در نظر گرفته می شود. از طرف دیگر می توان از تقویت کننده های کم نویز به عنوان یکی از مهمترین قسمت های مداری در هر سیستم گیرنده بی سیم یاد کرد.
یکی از مشکلات آنتن های فعال وجود عنصر های غیر خطی در ساختار آنهاست. بدلیل وجود این عناصر همواره هارمونیک های فرعی وجود خواهند داشت. و از آنجا که راندمان مدار به شدت تحت تاثیر این هارمونیک ها قرار دارد، یافتن روش هایی برای کاهش این هارمونیک ها ضروری به نظر می رسد. یکی از روشهای متداول استفاده از استاب های اتصال کوتاه و مدار باز برای حذف هارمونیک های دوم و سوم است[۳]. مشکل این نوع ساختارها پهنای باند بسیار باریک و عدم توانایی تضعیف مناسب دو یا سه هارمونیک است. روشهای دیگر استفاده از ساختارهای متناوب برای حذف هارمونیک هاست. گرچه هارمونیک های فرعی در گیرنده زیاد مورد توجه نبوده است (به دلیل توان کمی که همواره در گیرنده وجود دارد) ولی می توان با کاهش اثرات هارمونیک ها در گیرنده، راندمان مدار را بهبود داد. همچنین مواردی از احتمال بالا رفتن سطح سیگنال دریافتی و امکان به اشباع رفتن مدارات وجود دارد. در ضمن کم بودن هارمونیک ها می تواند دغدغه طراح را نسبت به تولید نویز اینترمدولاسیون[۱] که در طبقات بعدی ممکن است بوجود بیاید مرتفع کند. با توجه به موارد یاد شده کاهش و بهبود هارمونیک های فرعی در گیرنده نیز می تواند در بهبود راندمان موثر باشد.
در سال ۲۰۰۱ با بکارگیری صفحه زمین دارای ساختار PBG در یک تقویت کننده کلاس AB (شکل ۱-۶) توانستند تا حدودی هارمونیک های دوم و سوم را کنترل کنند[۴].
Lin و Wang در سال ۲۰۰۳ با استفاده از ساختار دمبلی شکل کریستال های فتونی در مسیر خط تغذیه (شکل ۱-۷) تا حدودی هارمونیک های فرعی را کاهش دادند[۵].
در سال ۲۰۰۶ برای کم کردن هارمونیک دوم در اسیلاتور معرفی شده از ساختار EBG استفاده شد (شکل ۱-۸) و تضعیف ۱۰.۱۶ dB برای این هارمونیک مشاهده شد[۶].

[۱] Intermodulation

همانطور که گفته شد یکی از ویژگی های آنتن های فعال این است کـه عنصـر آنـتن و قسـمت مـدار فعال به صورت یکپارچه در نظر گرفته می شوند. بنابراین ترکیب هوشـمندانه و دقیـق آنـتن و بخـش مداری در ساختار آنتن های فعال امکانات جدیدی را می تواند فراهم می کند.
در این پروژه با بکارگیری ساختار کریستال فتونی در عنصر آنتن، عـلاوه بـر بهبـود پارامترهـای آنـتن نظیر بهره به دنبال حذف هارمونیک های فرعی نیز خواهیم بود. یعنی به کمک این روش بخش آنتنی و بخش مداری آنتن فعال را تواما بهبود می بخشیم.
با این توضیح که "باندهای توقف"ی که فتونیک کریستالها تامین می کنند مـی توانـد بـه عنـوان راه حل بسیار مناسبی برای حذف هارمونیک های فرعی مورد استفاده قرار گیرد. چگونگی این فرآینـد بـر مبنای طراحی یک شبکه فتونیک کریستال متناسب با فرکانس هارمونیک اصلی و اعمـال مناسـب آن جهت تضعیف هر چه بیشتر هارمونیک های غیر اصلی قرار گرفته است. ایـده اصـلی طراحـی بـر ایـن اصل استوار می باشد که شبکه کریستالی به نحوی طراحی شود که فرکانس هارمونیک های فرعـی در محدوده "باند توقف" فتونیک کریستال قرار گیرد. در این صورت می توان این هارمونیک ها را به نحـو موثری کاهش داد. حذف هارمونیک های فرعی نتایج مطلوبی نظیر افـزایش رانـدمان، افـزایش پهنـای باند و ... را در مشخصه های مدار فعال به دنبال خواهد داشت.

۱-۴ ساختار پایان نامه

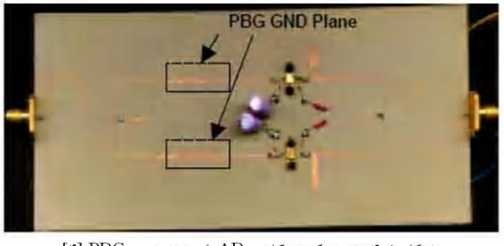
در فصل دوم مفاهیم آنتن های مایکرواستریپ نظیر کلیات آنتن های مایکرواستریپ، روش های تغذیه آنتن مایکرواستریپ و مزایا و معایب این آنتن ها آورده شده است.
فصل سوم به معرفی فتونیک کریستال ها و ساختار زمین سوراخ شده مـی پـردازد. در ایـن فصـل بـه معرفی کریستال های فتونی، تاریخچه و کاربردهای آنها اشاره می شـود. در ادامـه تـاثیر تغییـر شـکل پترن آرایه کریستال فتونی صفحه ای بر پارامترهای مختلف فیلترهای مایکرواستریپی تحقق یافتـه بـه کمک کریستال های فتونی صفحه ای بررسی می شـود. در نهایـت بـه معرفـی سـاختار زمـین نـاقص (DGS)[1] و معرفی یکی از کاربردهای آن به عنوان فیلتر در مدارات ماریکرویوی اشاره شده است.
فصل چهارم به طراحی و شبیه سازی قسمت های مختلف آنتن فعال مجتمع می پردازد. در ابتدا یـک آنتن فعال مجتمع به عنوان گیرنده طراحی شده و نتایج شـبیه سـازی آن آورده شـده اسـت. قسـمت فعال این آنتن، شامل یک گیرنده می باشد که در حالت پرتوان سیگنال دریافت می کند. طراحی ایـن گیرنده برای حداکثر بهره بوده و برای نویز کمینه طراحی نشده است. توجیه ایـن طراحـی اسـتفاده از گیرنده ها در نزدیکی فرتنده پرتوان می باشد که تـوان بـالایی در گیرنـده وجـود دارد و امکـان تـاثیر هارمونیک های دوم و سوم بر روی گیرنده وجود دارد. لذا برای کاهش اثر این هارمونیـک هـا، گیرنـده برای کمترین مقدار هارمونیک دوم و سوم بهینه سازی شده است. در قسـمت دوم ایـن فصـل از یـک

[1] Defected Ground Structure

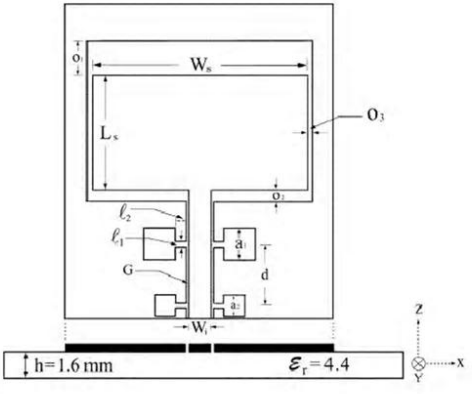
تقویت کننده بالانس باند X برای طراحی آنتن در حالت فرستندگی استفاده شده است. مزایای آنتن فعال مجتمع طراحی شده در حالت فرستندگی، داشتن بهره بالا و هارمونیک های دوم و سوم کم می باشد. شبیه سازی ها با استفاده از نرم افزارهای Agilent، Momentum و IE3D که بر اساس روش MoM [1] کار می کنند و همچنین نرم افزار HFSS که بر اساس روش FEM [2] تحلیل می کند، استفاده شده است.

فصل پنجم، گزارشی از فاز ساخت و نتایج اندازه گیری را ارائه می دهد. مقایسه نتایج شبیه سازی شده با نتایج اندازه گیری و تایید شبیه سازی های انجام شده در ادامه فصل قابل مشاهده است.

در نهایت، در فصل ششم به جمع بندی، نتیجه گیری و ارائه پیشنهاداتی برای تحقیقات آینده پرداخته شده است.



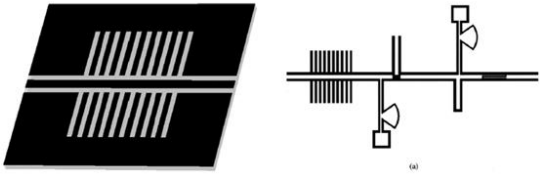
(شکل ۱-۶) تقویت کننده کلاس AB با صفحه زمین PBG [۴]



(شکل ۱-۷) آنتن شیاری با ساختار حذف کننده هارمونیک [۵]

[1] Method of Moment

[2] Finite Element Method



(شکل ۱-۸) ساختار اسیلاتور و قسمت حذف کننده هارمونیک ها [۶]

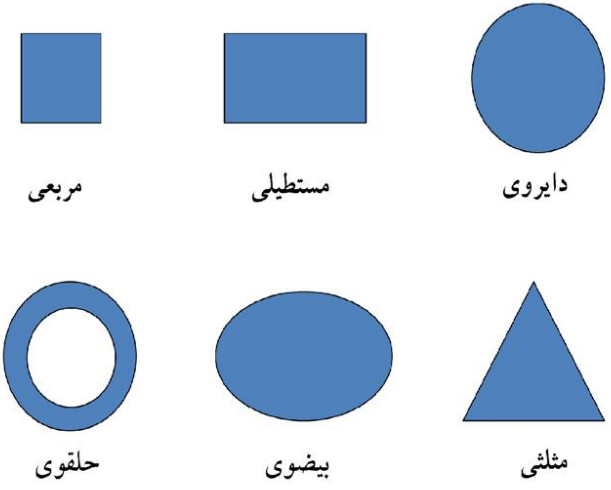
فصل دوم

مقدمه ای بر آنتن های مایکرواستریپ

۲-۱ مقدمه ای بر آنتن های مایکرواستریپ

آنتنهای مایکرواستریپ امروزه کاربردهای فراوانی پیدا کرده‌اند. موضوع آنتنهای چاپی اولین بار توسط Deschamps در سال ۱۹۵۳ ارائه شد[۷]. گرچه به دلیل برخی مسائل، ساخت اولین آنتن مایکرواستریپ تا سال ۱۹۷۴ محقق نشد[۸]. بعد از آن زمان، آنتنهای مایکرواستریپ تحقیقات و توجهات بسیاری را به سوی خود معطوف کرد و انواع مختلفی از آنتنهای مایکرواستریپ ارائه شد.
آنتنهای مایکرواستریپ مزایای نسبت به آنتنهای دیگر دارند. اندازه کوچکتر، هزینه ساخت کمتر و سازگاری با مدارات مجتمع مونولیتیک مایکرویوی (MMIC) [۱] از مزایای آنهاست. بهمین دلیل، آنتنهای مایکرواستریپ در کاربردهای بسیاری استفاده می‌شوند نظیر مخابرات ماهواره‌ای، ارتباطات هوایی و بین هواپیماها و ارتباطات تلفن‌های همراه، گرچه آنتنهای مایکرواستریپ مزایای قابل توجهی دارند، ولی آنها دارای معایبی نظیر پهنای باند کم و راندمان تشعشعی پائین نیز می‌باشند.

اشکال متداول آنتنهای مایکرواستریپ در شکل ۲-۱ نشان داده شده است.



(شکل ۲-۱) اشکال متداول آنتنهای مایکرواستریپ

[۱] Monolithic Microwave Integrated Circuit