

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه رازی است.



دانشکده فنی مهندسی
گروه برق - الکترونیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق

گرایش الکترونیک

عنوان پایان نامه

طراحی و ساخت فیلتر پایین گذر مایکرواستریپ با پهنای باند وسیع و پاسخ فرکانسی

تیز با استفاده از رزوناتور Diamond شکل

استاد راهنما:

دکتر محسن حیاتی

نگارش:

مژگان امیری

مهر ۹۲



دانشکده فنی مهندسی

گروه برق - الکترونیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی برق گرایش الکترونیک

دانشجو: مژگان امیری

تحت عنوان

طراحی و ساخت فیلتر پایین گذر مایکرواستریپ با پهنای باند وسیع و پاسخ فرکانسی

تیز با استفاده از رزوناتور Diamond شکل

در تاریخ ۹۲/۷/۷ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای پایان نامه: دکتر محسن حیاتی با مرتبه علمی دانشیار امضاء

۲- استاد داور داخل گروه: دکتر محمد مهدی کارخانه چی با مرتبه علمی استادیار امضاء

۳- استاد داور داخل گروه: دکتر آرش احمدی با مرتبه علمی استادیار امضاء

سپاسگزاری

سپاس خود را نثار تمام کسانی می نمایم که مرا در مراحل مختلف این تحقیق یاری رساندند .

از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر محسن حیاتی بسیار سپاسگزارم چرا که با فضل و دانش خود همواره راهنمای اینجانب بوده اند.

از جناب آقای دکتر سید حسن صدیقی به دلیل یاریها و راهنماییهای بی چشمداشت ایشان که بسیاری از سختیها را برایم آسانتر نمودند صمیمانه قدردانی می نمایم،

و در پایان از اعضای خانواده ام که با بردباری و حمایت خود درشتی های این راه را بر من هموار نمودند تشکر می کنم.

تقدیم به

برادر شهیدم مهدی امیری

چکیده

در این پروژه فیلتر مایکرواستریپ پایین گذر جدیدی با استفاده از رزوناتور الماس شکل برای به دست آوردن باند قطع عریض و باند گذر تیز طراحی شده است. مهمترین ویژگی های فیلتر پایین گذر طراحی شده ساختار ساده، پهنای باند وسیع، پاسخ فرکانسی تیز در باند گذر، تلفات عبوری خوب و تلفات برگشتی پایین در هر دو باند عبور و قطع می باشد. برای طراحی این رزوناتور از ترکیب رزوناتور مثلثی و پیچ مخروطی شکل استفاده شده است. رزوناتور های مخروطی با توجه به ایجاد قطب های تضعیفی با باند قطع عریض، در طراحی فیلترهای پایین گذر مورد توجه هستند اما مشکل اصلی این ساختارها تدریجی بودن باند گذر است، از طرف دیگر رزوناتور مثلثی دارای باندگذر تیز تر می باشد، بنابراین با ترکیب این دو نوع رزوناتور، رزوناتور الماس شکل حاصل شده است که مشکل دو رزوناتور قبل را ندارد. این فیلتر بعد از طراحی و بهینه سازی، ساخته شده است و نتایج حاصل از اندازه گیری دارای تطابق بسیار مناسبی با نتایج حاصل از شبیه سازی دارد. فیلتر ساخته شده می تواند برای کاربردها و اهداف مایکروویو مخابراتی مورد استفاده قرار بگیرد و ساختار پیشنهاد شده به عنوان واحدی مناسب برای طراحی های آتی مد نظر باشد.

کلمات کلیدی:

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| ۱- فیلتر پایین گذر | (Low-pass filter) |
| ۲- تکنولوژی مایکرواستریپ | (Microstrip technology) |
| ۳- رزوناتور الماس شکل | (Diamond shaped resonator) |
| ۴- باند قطع عریض | (Wide stop-band) |
| ۵- باند گذر تیز | (Sharp transition-band) |

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول : مقدمه

۲.....	۱-۱- خطوط انتقال.....
۴.....	۲-۱- امواج میکروویو.....
۵.....	۳-۱- فیلترهای میکروویو.....

فصل دوم : مفاهیم و تئوری فیلترها

۸.....	۱-۲- پارامترهای توصیف کننده شبکه های میکروویو.....
۹.....	۲-۲- پارامترهای پراکندگی.....
۱۱.....	۳-۲- توابع تبدیل.....
۱۱.....	۱-۳-۲- تعاریف کلی.....
۱۲.....	۲-۳-۲- پاسخ باترورث.....
۱۴.....	۳-۳-۲- پاسخ چبی چف.....
۱۸.....	۴-۳-۲- پاسخ الپتیک.....
۲۰.....	۵-۳-۲- پاسخ گوسی.....
۲۲.....	۶-۳-۲- مقایسه انواع مختلف پاسخ های فیلترهای پایین گذر.....
۲۳.....	۴-۲- فیلترهای نمونه پایین گذر.....
۲۴.....	۱-۴-۲- فیلترهای نمونه پایین گذر باترورث.....
۲۵.....	۲-۴-۲- فیلترهای نمونه پایین چبی چف.....
۲۷.....	۴-۴-۲- فیلترهای نمونه پایین گذر الپتیک.....
۳۰.....	۴-۴-۲- فیلترهای نمونه پایین گذر گوسی.....
۳۰.....	۵-۲- تبدیل ریچارد و اتحاد کورودا.....
۳۰.....	۱-۵-۲- تبدیل ریچارد.....
۳۱.....	۲-۵-۲- اتحاد کورودا.....
۳۳.....	۶-۲- مشخصه های اساسی در طراحی و مقایسه فیلترهای پایین گذر.....

فصل سوم : تکنولوژی میکرواستریپ

۳۷.....	۱-۳- ساختار میکرواستریپ.....
۳۸.....	۲-۳- ثابت دی الکتریک موثر و امپدانس مشخصه.....
۳۹.....	۳-۳- طول موج هدایت شده ، ثابت انتقال ، سرعت فاز و طول الکتریکی.....
۴۰.....	۴-۳- سنتر W/h.....

۴۱	۳-۵- تاثیر ضخامت نوار هادی t.....
۴۲	۳-۶- پراکندگی در میکرواستریپ.....
۴۳	۳-۷- تلفات میکرواستریپ.....
۴۴	۳-۸- اجزای ناپیوستگی های میکرواستریپ.....
۴۴	۳-۸-۱- ناپیوستگی های میکرواستریپ.....
۴۶	۳-۸-۱- پله در پهنا.....
۴۶	۳-۸-۱-۲ اتصال انتها باز.....
۴۷	۳-۸-۱-۳ شکاف.....
۴۸	۳-۸-۱-۴ خمیدگی.....
۴۸	۳-۸-۲- اجزای میکرواستریپ.....
۴۹	۳-۸-۲-۱- سلف ها و خازن های فشرده.....
۵۱	۳-۸-۲-۲- المان های شبه فشرده.....
۵۱	۳-۸-۲-۲-۱- بخشهای امپدانس بالا و پایین.....
۵۳	۳-۸-۲-۲-۲- استاب های اتصال کوتاه و باز.....
۵۴	۳-۸-۳- رزوناتورها.....
۵۶	۳-۹- روند استخراج مدار معادل.....

فصل چهارم : مروری بر کارهای پیشین

۶۰	۴-۱- معرفی چند ساختار فیلتر پایین گذر میکرواستریپ.....
۷۳	۴-۲- نتیجه گیری.....

فصل پنجم : ساختار پیشنهادی

۷۶	۵-۱- طراحی فیلتر پایین گذر میکرواستریپ.....
۷۶	۵-۱-۱- طراحی رزوناتور پیشنهادی Diamond شکل.....
۸۷	۵-۱-۲- طراحی المان تضعیف گر.....
۹۰	۵-۱-۳- طراحی فیلتر پایین گذر با رزوناتور Diamond شکل.....
۹۲	۵-۲- ساخت و اندازه گیری.....
۹۳	۵-۳- نتیجه گیری.....

فصل ششم : طراحی و بهینه سازی فیلتر الیپتیک پایین گذر میکرواستریپ با استفاده از IWO

۹۸	۶-۱- مقدمه.....
۱۰۰	۶-۲- بیولوژی علف های هرز.....
۱۰۰	۶-۲-۱- معرفی علف هرز و اهمیت آن.....
۱۰۱	۶-۲-۲- تولید مثل علف هرز.....

- ۱۰۲.....انتخاب‌های تحمیلی در اجتماع‌های گیاهان.....۳-۲-۶
- ۱۰۳.....شبيه سازى رفتار كلونى‌ها.....۳-۳-۶
- ۱۰۳.....مقداردهى اوليه به يك جمعيت.....۱-۳-۶
- ۱۰۴.....توليد مثل.....۲-۳-۶
- ۱۰۴.....پراكنندگى و توزيع فضايى.....۳-۳-۶
- ۱۰۵.....حذف رقابتى.....۴-۳-۶
- ۱۰۵.....پياده‌سازى الگوريتم روش IWO.....۴-۶
- ۱۰۷.....تعيين پارامترهاى اوليه طراحي (محيط جستجو، فرکانس).....۱-۴-۶
- ۱۰۸.....تعيين جمعيت اوليه و ارزش هر يك از اعضاى جمعيت.....۲-۴-۶
- ۱۰۸.....فرآيند توليد مثل و پراكندن بذرهاى توليد شده.....۳-۴-۶
- ۱۱۳.....حذف رقابتى.....۴-۴-۶
- ۱۱۶.....فيلتر پايين گذر اليپتيك فشرده باSTIL.....۵-۶
- ۱۱۶.....فرمول بندى STIL.....۱-۵-۶
- ۱۱۷.....استفاده از تكنيك IWO در طرح پيشنهادهى.....۲-۵-۶
- ۱۱۸.....شبيه سازى و نتيجه گيرى.....۳-۵-۶

فصل هفتم : جمع بندى و كارهاى آينده

- ۱۲۶.....جمع بندى و كارهاى آينده.....۱-۷

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۲.....	شکل ۱-۱) نمای کلی از یک خط کواکسیال.....
۳.....	شکل ۱-۲) نمای کلی از یک خط استریپ.....
۳.....	شکل ۱-۳) نمای کلی از یک ساختار میکرواستریپ.....
۹.....	شکل ۱-۲) نمای کلی یک شبکه‌ی دو قطبی از مرجع [۳].....
۱۰.....	شکل ۲-۲) روابط تبدیل پارامترهای مداری به یکدیگر.....
۱۳.....	شکل ۲-۳) پاسخ فیلتر پایین گذر باترورث.....
۱۴.....	شکل ۲-۴) صفحه‌ی قطب‌ها برای یک فیلتر پایین گذر باترورث.....
۱۵.....	شکل ۲-۵) پاسخ چبی چف یک فیلتر پایین گذر.....
۱۷.....	شکل ۲-۶) توزیع قطب‌ها برای پاسخ چبی چف یک فیلتر پایین گذر.....
۱۸.....	شکل ۲-۷) پاسخ الیپتیک یک فیلتر پایین گذر.....
۲۰.....	شکل ۲-۸) توزیع قطب‌ها برای پاسخ الیپتیک یک فیلتر پایین گذر.....
۲۱.....	شکل ۲-۹) پاسخ گاوسی یک فیلتر پایین گذر.....
۲۲.....	شکل ۲-۱۰) انواع دامنه‌ی پاسخ‌های فیلترهای پایین گذر.....
۲۳.....	شکل ۲-۱۱) فیلتر نمونه پایین گذر برای فیلترهای تمام قطب.....
۲۵.....	شکل ۲-۱۲) مقادیر المان‌ها برای فیلتر نمونه پایین گذر باترورث.....
۲۶.....	شکل ۲-۱۳) مقادیر المان‌ها برای فیلتر نمونه پایین گذر چبی چف.....
۲۸.....	شکل ۲-۱۴) فیلتر نمونه پایین گذر برای فیلتر الیپتیک.....
۲۹.....	شکل ۲-۱۵) مقادیر المان‌ها برای یک فیلتر نمونه پایین گذر الیپتیک.....
۳۰.....	شکل ۲-۱۶) مقادیر المان‌ها برای فیلتر نمونه پایین گذر گوسی.....
۳۲.....	شکل ۲-۱۷) رابطه المان‌های فشرده و گسترده تحت تبدیل ریچارد.....
۳۳.....	شکل ۲-۱۸) اتحادهای کورودا.....
۳۷.....	شکل ۳-۱) ساختار کلی میکرواستریپ.....
۴۵.....	شکل ۳-۲): ناپیوستگی‌های میکرواستریپ.....
۵۰.....	شکل ۳-۳) سلف‌های المان فشرده.....
۵۰.....	شکل ۳-۴) خازن‌های المان فشرده.....
۵۲.....	شکل ۳-۵) خط امپدانس بالا.....
۵۳.....	شکل ۳-۶) خط امپدانس پایین.....
۵۳.....	شکل ۳-۷) المان‌های استاب کوتاه.....
۵۵.....	شکل ۳-۸) رزوناتورهای میکرواستریپ رایج.....
۵۷.....	شکل ۳-۹) مدل‌های T و Π برای یک شبکه‌ی دو پورته.....
۵۸.....	شکل ۳-۱۰) نمودارهای بخش موهومی بر حسب بخش حقیقی امپدانس و مدار معادل LC.....
۶۰.....	شکل ۴-۱) ساختار پیشنهادی مرجع [۱۱].....
۶۱.....	شکل ۴-۲) نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده‌ی فیلتر پیشنهادی مرجع [۱۱].....

شکل ۴-۳) ساختار پیشنهادی مرجع [۱۲].....	۶۱
شکل ۴-۴) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده‌ی فیلتر پیشنهادی مرجع [۱۲].....	۶۱
شکل ۴-۵) ساختار پیشنهادی مرجع [۱۳].....	۶۲
شکل ۴-۶) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده‌ی فیلتر پیشنهادی مرجع [۱۳].....	۶۳
شکل ۴-۷) ساختار پیشنهادی مرجع [۱۴].....	۶۳
شکل ۴-۸) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده‌ی فیلتر پیشنهادی مرجع [۱۴].....	۶۴
شکل ۴-۹) ساختار پیشنهادی مرجع [۱۵].....	۶۵
شکل ۴-۱۰) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده‌ی فیلتر پیشنهادی مرجع [۱۵].....	۶۵
شکل ۴-۱۱) ساختار پیشنهادی مرجع [۱۶].....	۶۶
شکل ۴-۱۲) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده‌ی فیلتر پیشنهادی مرجع [۱۶].....	۶۶
شکل ۴-۱۳) ساختار پیشنهادی مرجع [۱۷].....	۶۷
شکل ۴-۱۴) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده‌ی فیلتر پیشنهادی مرجع [۱۷].....	۶۷
شکل ۴-۱۵) ساختار پیشنهادی مرجع [۱۸].....	۶۸
شکل ۴-۱۶) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده‌ی فیلتر پیشنهادی مرجع [۱۸].....	۶۸
شکل ۴-۱۷) ساختار پیشنهادی مرجع [۱۹].....	۶۹
شکل ۴-۱۸) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده‌ی فیلتر پیشنهادی مرجع [۱۹].....	۶۹
شکل ۴-۱۹) ساختار پیشنهادی مرجع [۲۰].....	۷۰
شکل ۴-۲۰) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده‌ی فیلتر پیشنهادی مرجع [۲۰].....	۷۰
شکل ۴-۲۱) ساختار پیشنهادی مرجع [۲۱].....	۷۱
شکل ۴-۲۲) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده‌ی فیلتر پیشنهادی مرجع [۲۱].....	۷۱
شکل ۴-۲۳) ساختار پیشنهادی مرجع [۲۲].....	۷۲
شکل ۴-۲۴) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده‌ی فیلتر پیشنهادی مرجع [۲۲].....	۷۲
شکل ۴-۲۵) ساختار پیشنهادی مرجع [۲۳].....	۷۳
شکل ۴-۲۶) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده‌ی فیلتر پیشنهادی مرجع [۲۳].....	۷۳
شکل ۵-۱) رزوناتور پایین گذر المان فشرده تابع الیپتیک.....	۷۷
شکل ۵-۲) تحقق مایکرواستریپ رزوناتور پایین گذر المان فشرده تابع الیپتیک.....	۷۷
شکل ۵-۳) پارامترهای پراکندگی رزوناتور نمونه.....	۷۹
شکل ۵-۴) طرح رزوناتور Diamond شکل پیشنهادی.....	۷۹
شکل ۵-۵) مدار معادل LC رزوناتور پیشنهادی.....	۸۰
شکل ۵-۶) مقایسه بین پارامترهای پراکندگی رزوناتورهای نمونه اولیه و Diamond شکل.....	۸۱
شکل ۵-۷) مقایسه بین پارامترهای پراکندگی رزوناتورهای مثلثی و Diamond شکل.....	۸۱
شکل ۵-۸) مقایسه بین پاسخ فرکانسی مدار LC رزوناتور پیشنهادی با پاسخ شبیه سازی تمام موج.....	۸۲
شکل ۵-۹) چهار شبکه پشت سرهم در مدار LC رزوناتور پیشنهادی.....	۸۳
شکل ۵-۱۰) پاسخ فرکانسی رزوناتور پیشنهادی به عنوان تابعی از L_2	۸۶
شکل ۵-۱۱) پاسخ فرکانسی رزوناتور پیشنهادی به عنوان تابعی از W_2	۸۶
شکل ۵-۱۲) پاسخ فرکانسی رزوناتور پیشنهادی به عنوان تابعی از W_3	۸۷

- شکل ۵-۱۳) پاسخ فرکانسی شبیه سازی شده استاب های C شکل به عنوان تضعیف گر..... ۸۸
- شکل ۵-۱۴) طرح میکرواستریپ تضعیف گرهای پیشنهادی و مدار معادل LC آنها..... ۸۹
- شکل ۵-۱۵) طرح میکرواستریپ فیلتر پایین گذر پیشنهادی..... ۹۰
- شکل ۵-۱۶) پاسخ فرکانسی شبیه سازی شده فیلتر پیشنهادی به عنوان تابعی از W_2 ۹۱
- شکل ۵-۱۷) مقایسه بین پاسخ فرکانسی مدار LC فیلتر پیشنهادی و پاسخ شبیه سازی تمام موج..... ۹۱
- شکل ۵-۱۸) تصویر فیلتر ساخته شده..... ۹۲
- شکل ۵-۱۹) پارامتر های پراکندگی شبیه سازی و اندازه گیری شده ی فیلتر پایین گذر پیشنهادی..... ۹۳
- شکل ۵-۲۰) تغییرات تاخیر گروه فیلتر پیشنهادی..... ۹۳
- شکل ۶-۱) فرآیند تولید مثل برای علف های هرز..... ۱۰۴
- شکل ۶-۲) نمودار سه بعدی تابع F..... ۱۰۶
- شکل ۶-۳) جواب های به دست آمده برای sigma های مختلف..... ۱۱۲
- شکل ۶-۴) نمودار انحراف معیار در مراحل تکرار مختلف..... ۱۱۳
- شکل ۶-۵) روند همگرایی تابع..... ۱۱۵
- شکل ۶-۶) معادل سازی خط انتقال یکنواخت با $2n$ سگمنت STIL..... ۱۱۶
- شکل ۶-۷) مدار LC فیلتر پایین گذر الیپتیک..... ۱۱۹
- شکل ۶-۸) تحقق میکرواستریپی فیلتر پایین گذر الیپتیک پیشنهادی..... ۱۲۰
- شکل ۶-۹) نتایج شبیه سازی فیلتر پایین گذر الیپتیک پیشنهادی..... ۱۲۱
- شکل ۶-۱۰) طرح میکرواستریپ فیلتر الیپتیک بهینه شده با IWO..... ۱۲۳
- شکل ۶-۱۱) مقایسه نتایج شبیه سازی فیلتر پایین گذر الیپتیک اولیه و فیلتر بهینه شده..... ۱۲۳
- شکل ۶-۱۲) بخش های مختلف فیلتر پایین گذر الیپتیک بهینه شده برای محاسبه ماتریس انتقال..... ۱۲۴
- شکل ۶-۱۳) پارامتر پراکندگی مطلوب..... ۱۲۵
- شکل ۶-۱۴) نتایج شبیه سازی فیلتر بهینه شده..... ۱۲۷

فهرست جدول ها

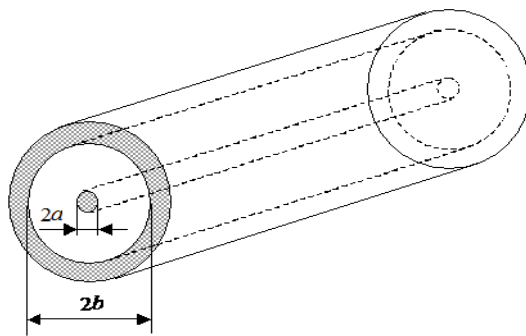
صفحه	عنوان
۸۲.....	جدول ۵-۱) مقادیر محاسبه شده و بهینه شده مدار LC رزوناتور پیشنهادی.....
۸۹.....	جدول ۵-۲) مقادیر محاسبه شده و بهینه شده مدار LC تضعیف گر پیشنهادی.....
۹۶.....	جدول ۵-۳) مقایسه عملکرد فیلتر پایین گذر پیشنهادی با دیگر فیلترها.....
۱۰۷.....	جدول ۶-۱) پارامترهای بهینه‌سازی انتخاب شده برای تابع Rastrigin در روش IWO.....
۱۱۴.....	جدول ۶-۲) پارامترهای بهینه‌سازی برای تابع Rasrigin در روش IWO.....
۱۲۲.....	جدول ۶-۳) پارامترهای IWO.....
۱۲۳.....	جدول ۶-۴) مقادیر بهینه شده امیدانس مشخصه و طول الکتریکی فیلتر نمونه پایین گذر.....
۱۲۶.....	جدول ۶-۵) پارامترهای IWO.....
۱۲۶.....	جدول ۶-۶) مقادیر امیدانس مشخصه و طول الکتریکی بهینه شده.....

فصل اول

مقدمه

۱-۱ خطوط انتقال^۱

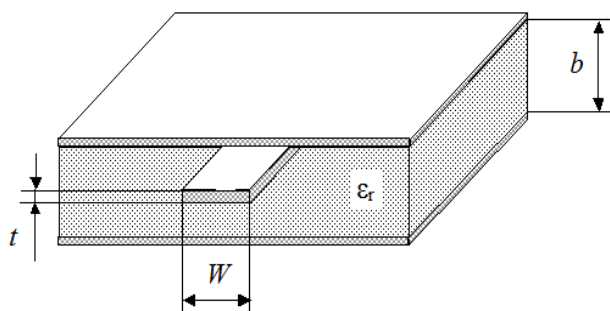
خطوط انتقال و موجبرها برای انتقال توان میکروویو از نقطه ای به نقطه دیگر بکار می روند لذا به عنوان اساسی ترین قطعات میکروویو شناخته می شوند [۱]. در نخستین سالهای گسترش میکروویو، موجبرهای مستطیلی^۲ غالب ترین ساختار موجبر بودند، زیرا اجزای با کیفیت بالا می توانست با استفاده از آن طراحی شوند. یکی از مسائل اصلی این موجبرها پهنای باند باریک آن به علت مشخصه فرکانس قطع^۳ بود. بعدها، محققان تلاش کردند قطعاتی پیدا کنند که علاوه بر داشتن پهنای باند بیشتر امکان کوچک سازی را نیز فراهم کند، به همین علت انواع دیگر موجبرها را آزمایش کردند. موجبر ریج^۴ با داشتن یک یا چندین شیار داخلی طولی که که عمدتاً^۵ بوسیله کاهش فرکانس قطع باعث افزایش پهنای باند انتقال می شد، یک گام در این جهت ارائه کرد. خط کواکسیال^۵ به علت فراهم کردن دو مشخصه خیلی مناسب بود: پهنای باند خیلی وسیع و قابلیت کوچک سازی. فقدان یک جزء طولی میدان، ایجاد قطعات با استفاده از آن را مشکل می کرد. به علاوه قطعات ساخته شده با استفاده از آن گران قیمت بود.



شکل ۱-۱ نمای کلی از یک خط کواکسیال از مرجع [۲]

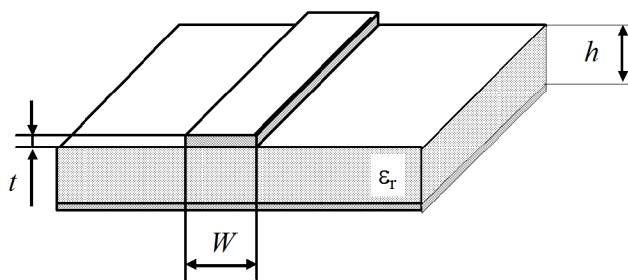
^۱ Transmission lines
^۲ Rectangular Waveguide
^۳ Cut-off frequency
^۴ Ridge Waveguide
^۵ Coaxial Line

برای غلبه بر این مشکلات ساخت ، هادی مرکزی خطوط کواکسیال به یک نوار پهن تبدیل شد و هادی بیرونی به یک جعبه مستطیلی تغییر یافت . تقریباً^۱ در همان زمان ، محققان تمام دیواره های جانبی را حذف کردند و دیواره های بالا و پایین را گسترش دادند که نتیجه خط انتقال نواری^۱ یا خط نواری^۲ نامیده شد [۲].



شکل ۱-۲ نمای کلی از یک خط استریپ از مرجع [۲]

تقریباً در همان زمان اصلاح دیگری بر روی خط انتقال نواری انجام شد که در آن صفحه بالایی حذف شد و تنها نوار فلزی و صفحه پایین با یک لایه دی الکتریک بین آنها باقی گذاشته شد ، این ساختار مایکرواستریپ^۳ نامیده شد [۲].



شکل ۱-۳ نمای کلی از یک ساختار مایکرواستریپ از مرجع [۲]

خط مایکرواستریپ بهترین و پر کاربردترین خط انتقال مسطح برای مدارات مایکروویو و RF است . این استفاده گسترده به دلیل ماهیت مسطح آن ، سهولت ساخت با استفاده از فرآیندهای مختلف یکپارچگی

^۱ Strip transmission line

^۲ Stripline

^۳ Microstrip

آسان با قطعات حالت جامد ، کاهش حرارت^۱ خوب و پشتیبانی مکانیکی مناسب است . درباره‌ی مشخصات و جزییات ساختارهای میکرواستریپ در فصل ۳ به تفصیل بیشتری صحبت خواهیم کرد.

۱-۲ امواج مایکروویو^۲

لغت مایکروویو به معنای امواجی است که فرکانس آنها بین ۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز متغیر است. بنابراین طول موج مایکروویو از ۱ متر تا ۱ میلی‌متر متغیر خواهد بود [۱].

در فرکانس های بالا قطعات فشرده مثل سلف و خازن به دلیل تلفات بالا کارایی خود را از دست میدهند همچنین این قطعات ابعاد نسبتا بزرگی دارند که آنها را برای استفاده در مدارات مجتمع یکپارچه مایکروویو^۳ نامناسب می کند. از طرف دیگر با کاهش طول موج^۴ ، زمان انتشارموج در یک مدار مقداری قابل قیاس با دوره تناوب نوسانات مربوط به جریان ها و بارها در آن مدار می شود و این مسئله سبب می شود که روش های تحلیل مدارات در فرکانس های پایین که بر اساس قوانین کیرشهف^۵ و روابط مربوط به جریان و ولتاژ قطعات مدار استوارند، در این فرکانس ها فاقد اعتبار باشند. در عوض از روش های تحلیل بر اساس توصیف میدان های الکتریکی و مغناطیسی مرتبط با قطعات برای مدارات فرکانس بالا استفاده می شود. لذا نوارهای فلزی که معمولا در فرکانسهای پایین اتصال کوتاه در نظر گرفته می شوند در فرکانس های بالا رفتارهای خازنی و سلفی از خود نشان می دهند که با طراحی درست می توان از این نوارها به عنوان جایگزین خازن ها و سلف های فشرده استفاده کرد.

^۱ Heat Sinking

^{۱۰} Microwave waves

^{۱۱} Microwave Monolithic Integrated Circuits

^{۱۲} Wavelength

^{۱۳} Kirchhoff Law

۱-۳ فیلترهای مایکروویو^۱

فیلترها نقش مهمی در بسیاری از کاربردهای مایکروویو بازی می کنند و با به وجود آمدن کاربردهایی چون ارتباطات بیسیم، فیلترهای مایکروویو با مشخصات خاص و استانداردهای بالا از جمله: عملکرد بالا، سائز کوچکتر، وزن سبکتر و قیمت پایین تر مورد نیاز می باشد.

فیلترها در واقع وظیفه انتخاب یا جداسازی فرکانس های مختلف را بر عهده دارند که با توجه به محدودیت طیف فرکانسی و تقسیم آن برای کاربردهای مختلف، این مساله از اهمیت حیاتی برخوردار است. فیلترهای مایکروویو می توانند با استفاده از المان های فشرده یا المان های گسترده طراحی شوند که می توانند بوسیله انواع مختلف ساختارهای خطوط انتقال از جمله موجبر، خط هم محور و مایکرواستریپ^۲ طراحی شوند [۳].

فیلتر پایین گذر هم به صورت مستقیم برای حذف هارمونیک ها و سایر سیگنال های ناخواسته فرکانس بالا و هم به عنوان ساختار پایه برای انواع فیلترها نقش مهمی را در این زمینه ایفا می کند، که توابعی تحت عنوان چیپشیف، الپتیک، باترورث و ... تحقق فیلتر پایین گذر را میسر ساخته است که توسط مجموعه ای از سلف ها و خازن ها قابل پیاده سازی می باشند و همانطور که اشاره شد در فرکانس بالا لزوماً بایستی از مایکرواستریپ در ساختار آنها استفاده شود.

در طراحی فیلتر پایین گذر در فرکانس بالا می توان در ابتدا با بکارگیری روش های کلاسیک، فیلتر مورد نظر را طراحی نموده و سپس هر خازن یا سلف را در ساختار فیلتر با معادل مایکرواستریپی آن جایگزین نمود. مقدار المان های موجود در شبکه LC با استفاده از روش های مرسوم سنتز فیلترها به دست می آیند. این روند با در نظر داشتن پاسخ مطلوب فیلتر آغاز می شود و سپس با توجه به تبدیلات فرکانسی ای نظیر باترورث، چیپشیف، الپتیک و ... این پاسخ به یک رابطه ریاضی تبدیل می شود. پیاده سازی این رابطه ریاضی که در واقع تابع تبدیل فیلتر است به کمک المان های فشرده امکان پذیر است. بنابراین ساختار فیلتر LC به دست می آید. مرحله پیاده سازی فیلتر مایکرو استریپ با داشتن این مدار LC آغاز می شود. برای

^۱ Microwave Filteres

^۲ Microstrip

تبدیل المان های فشرده به بخش های خط انتقال از تبدیل ریچارد^{۱۱} استفاده می نمایم در حالیکه اتحادهای کوردا^{۱۲} برای جداسازی المان های فیلتر توسط بخش های خط انتقال مورد استفاده قرار می گیرند.

در اکثر تحقیقاتی که در زمینه مایکرواستریپ انجام می شوند، به جای آنکه طراحی از یک مدار LC آغاز شود، از خود مایکرواستریپ آغاز می شود. در این روش، هدف ارائه یک فیلتر برای یک منظور خاص نیست بلکه هدف، ارائه ساختاری کلی است که دارای مزیت هایی از بعد پارامترهای مختلف باشد که بتوان از آن برای طراحی فیلترها استفاده کرد.

بدین منظور، طرح در ابتدا با مطالعه کارهای قبلی انجام شده در این زمینه، نسبت به اینکه به کمک چگونه ساختاری می تواند چگونه پاسخی را ارائه دهد، دید پیدا می کند.

در مرحله بعد، طراح با استفاده از این دانش، روش یا ساختاری را به منظور بهینه سازی ساختارهای پیشین ارائه می دهد که این روش ممکن است شامل پیشنهاد تغییراتی خاص در خانواده ای از فیلترها و یا استفاده از تکنولوژی جدیدی مانند استفاده از ابر رساناها یا ساختارهای چند لایه باشد. در این روش، تصمیم گیری در مورد اینکه قطب های تضعیفی تولید شده توسط قسمت های مختلف مدار در چه فرکانس هایی واقع باشند، معمولاً از طریق استخراج روابط تحلیلی مربوط به آنها و گاهی نیز از طریق تنظیم ابعاد به کمک شبیه سازی های الکترومغناطیسی صورت می گیرد.

با توجه به موارد ذکر شده، استفاده گسترده از فیلترهای پایین گذر مایکرواستریپ، به طراحی و ارائه ی گونه های مختلف این نوع فیلترها تنوع بخشیده است که در فصل های آتی به تفصیل بیشتری مورد بررسی قرار می گیرند.

^{۱۱} Richards' Transformation

^{۱۲} Kuroda Identities