

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه ی مهندسی فناوری های نوین

گروه فوتونیک گرایش نانوفوتونیک

پایان نامه برای دریافت درجه ی کارشناسی ارشد

عنوان

طراحی و ساخت فیلتر میانگذر باند باریک با استفاده از رزوناتور حلقوی بر مبنای مواد آلی

استادان راهنما

دکتر محبوبه دولت یاری

دکتر قاسم رستمی

پژوهشگر

پریسا هاشم زاده

شهریور ۹۲

تقدیر و تشکر

جای بسی تقدیر و تشکر است از استادان راهنمای کرامی سرکار خانم دکتر دولتپوری و جناب آقای دکتر قاسم رستمی که در انجام این پایان نامه مرایاری فراوان نمودند. در این بین قدردان تمامی اساتید بزرگوار جناب آقایان دکتر علی رستمی، دکتر گل محمدی، دکتر کیانی، دکتر عباسیان، دکتر رسولی و سرکار خانم دکتر مطلوب، هستم. و در پایان قدردان خانواده ام، هستم که سخن از محبتشان قاصر است.

تقدیم بہ

خانوادہ ام

و

تمام آنان کہ دوستان دارم

نام خانوادگی دانشجو : هاشم زاده	نام : پریسا
عنوان پایان نامه : طراحی و ساخت فیلتر باند باریک با استفاده از رزوناتور حلقوی بر مبنای مواد آلی	
استادان راهنما : سرکار خانم دکتر محبوبه دولت یاری، جناب آقای دکتر قاسم رستمی	
مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد رشته : مهندسی فوتونیک گرایش : مهندسی نانوفوتونیک	
دانشگاه : تبریز دانشکده : فناوری های نوین تاریخ فارغ التحصیلی : ۱۳۹۲/۰۶/۲۰	
تعداد صفحه : ۸۹	
کلید واژه ها : رزوناتور حلقوی ، مواد آلی، کوپلینگ ، مدار مجتمع نوری	
<p>چکیده : ما در این پایان نامه اقدام به طراحی و شبیه سازی فیلتری باند باریک و تمام پلیمری با استفاده از رزوناتور حلقوی خواهیم نمود. سپس با ارائه ساختار بهینه با توجه به پارامترهای مواد (مثل ضریب شکست و شعاع رینگ) و محدودیت های فناوریهای موجود اقدام به ساخت نموده و خروجی های این فیلتر طراحی شده را تجزیه و تحلیل می کنیم. در ادامه نتایج شبیه سازی و موارد تئوری را با هم مقایسه و علت اختلافات را مورد بحث قرار خواهیم داد. در انتها نیز پیشنهاداتی در این راستا مورد تحلیل قرار خواهد گرفت. با توجه به نیاز مخابراتی، پهنای طیفی آزاد باید به حد کافی بزرگ بوده و پهنای نصف بیشینه به حد مناسبی باریک باشد و در کل به علت ابعاد مشخصه جهت گیری به سمت مجتمع سازی این فیلترها با همان دقت انجام شده است . لذا ما نیز هدف خود را رسیدن به این دقت تعریف کرده ایم که در ادامه امکان سنجی رسیدن به این کلاس از فیلترها را مورد مطالعه قرار داده ایم و موانع و مشکلات را بررسی کرده و سعی در از میان برداشتن آنها را داریم. طول موج های مشخصه ی ۱۵۵۰، ۱۵۵۱ و ۱۵۵۹ نانومتر را در ساختار پلیمری دراپ کردیم که در آن $fsr = 4 \text{ nm}$ و $fwhm = 0.46 \text{ nm}$ بود. در این پایان نامه توانستیم با یک ساختار بهینه به مقدار $fsr = 22.2 \text{ nm}$ در شبیه سازی دست پیدا کنیم . علاوه بر این مقدار $fsr = 26 \text{ nm}$ در تئوری به دست آمد. قابل توجه است که ساختار به صورت تمام پلیمری می باشد.</p>	

فهرست مطالب

۱	بررسی منابع.....
۱-۱	مقدمه
۱-۱-۱	فیلتر چیست؟.....
۱-۱-۱-۱	ارائه نمونه های از انواع فیلتر ها و نحوه ی عملکرد شان.....
۱-۱-۱-۲	ساختار رزوناتور حلقوی.....
۲-۱	تاریخچه و بررسی مواد.....
۱-۲-۱	بررسی دستگاه ه ای منفعل
۳-۱	پلیمر ها و مزیت های آن.....
۱-۳-۱	تکنولوژی پلیمر.....
۲	مواد و روش ها.....
۱-۲	پیشینه الکترومغناطیس.....
۱-۱-۲	انتشار نور در موجبر مستقیم دو بعدی.....
۲-۱-۲	انتشار نور در موجبر های حلقوی.....
۳-۱-۲	متد انتشار نور.....
۲-۲	محاسبات کوپلینگ میدان و تلفات خمیدگی.....
۱-۲-۲	کوپلینگ توان.....
۲-۲-۲	فاکتور تلفات انتشار.....

۴۴	۳-۲ شکل مداری ساده ی رزوناتور حلقوی.....
۵۰	۴-۲ آنالیز مداری رزوناتور حلقوی پیچیده.....
۵۰	۱-۴-۲ متد ماتریس انتقال.....
۵۲	۲-۴-۲ کوپلینگ مد ها در حوزه ی زمان.....
۵۵	۵-۲ پارامتر های رزوناتور حلقوی.....
۵۷	۶-۲ انواع ساختار کوپلینگ رینگ.....
۵۸	۱-۶-۲ ساختار کوپلینگ عمودی.....
۵۸	۲-۶-۲ ساختار کوپلینگ عرضی.....
۵۹	۷-۲ فیلتر اد- دراپ رزوناتور حلقوی با گوپلینگ سری چند رزوناتور.....
۶۱	۱-۷-۲ تحلیل اثر ورنیر.....
۶۸	۲-۷-۲ تاثیر تلفات.....
۷۰	۳ شبیه سازی و نتایج.....
۷۱	۱-۳ معرفی.....
۷۲	۲-۳ بررسی توان خروجی در ساختار اد- دراپ.....
۷۳	۳-۳ نتایج شبیه سازی برای رزوناتور حلقوی تکی با لایه ی پوششی هوا.....
۷۹	۴-۳ نتایج شبیه سازی برای رزوناتور حلقوی تکی با لایه ی پوششی پلیمر.....
۷۹	۵-۳ نتایج شبیه سازی برای رزوناتور حلقوی racetrack.....
۸۱	۶-۳ ساختار رزوناتور حلقوی متعدد.....
۸۳	۷-۳ نتایج شبیه سازی برای ساختار های سری و موازی رزوناتور های حلقوی همسان.....
۸۵	۸-۳ ارائه ساختار بهینه با پهنای طیفی آزاد بالا.....
۸۹	9-3 نتیجه گیری.....

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۱ رزوناتور حلقوی تکی با مشخصه های پارامتری..... ۵
- شکل ۲-۱ نمایی از ساختار کلی و پارامترهای رزوناتور حلقوی..... ۵
- شکل ۳-۱ تصویر گرفته شده با SEM از رزوناتور حلقوی تکی..... ۷
- شکل ۴-۱ پاسخ طول موجی میدان الکتریکی عرضی برای رزوناتور حلقوی با شعاع $10 \mu\text{m}$ ۸
- شکل ۵-۱ فیلتر اد- دراپ ۸ کانالی..... ۸
- شکل ۶-۱ آرایه شبکه عرضی 2×2 ۹
- شکل ۷-۱ رزوناتور حلقوی کوپل شده عرضی در SiON با شعاع $25 \mu\text{m}$ و گاف $0.75 \mu\text{m}$ [8]..... ۱۰
- شکل ۸-۱ رزوناتور حلقوی به شکل racetrack..... ۱۱
- شکل ۹-۱ یکی از کوچکترین رزوناتورهای حلقوی با InP [10]..... ۱۲
- شکل ۱۰-۱ رفتار طیفی رزوناتور حلقوی با InP..... ۱۲
- شکل ۱۱-۱ رزوناتور حلقوی ۲ تایی..... ۱۳
- شکل ۱۲-۱ پاسخ طیفی رزوناتور حلقوی ۲ تایی برای دو مد میدان الکتریکی و مغناطیسی عرضی..... ۱۴
- شکل ۱۳-۱ کوپلینگ ۳ رزوناتور حلقوی به صورت سری [12]..... ۱۵
- شکل ۱۴-۱ نمایی از ۳ رزوناتور حلقوی موازی با کوپلینگ عمودی نسبت به هم..... ۱۵
- شکل ۱۵-۱ پاسخ فیلتر اد- دراپ با ۳ رزوناتور حلقوی موازی با ساختار کوپلینگ عمودی نسبت به هم [14]..... ۱۶
- شکل ۱۶-۱ رزوناتور حلقوی ۳ تایی با ساختار کوپلینگ عمودی [16]..... ۱۷

- شکل ۱۷-۱ پاسخ فیلتر رزوناتور حلقوی ۳ تایی با ساختار کوپلینگ عمودی..... ۱۷
- شکل ۱۸-۱ پاسخ طیفی رزوناتور حلقوی تکی ۱۸
- شکل ۱۹-۱ پاسخ طیفی رزوناتور حلقوی ۲ تایی..... ۱۸
- شکل ۲۰-۱ پاسخ طیفی رزوناتور حلقوی ۳ تایی..... ۱۹
- شکل ۲۱-۱ پلیمرهایی برای لایه هسته و لایه پوششی موجبرها همراه با خصوصیات نوری..... ۲۱
- شکل ۲۲-۱ خصوصیات pvcی ۲۴
- شکل ۲۳-۱ خصوصیات PMMA ۲۵
- شکل ۱-۲ یک موجبر دو بعدی با ضریب شکست های به ترتیب n_3, n_2, n_1 برای لایه ی هسته، پوششی و بستر..... ۲۷
- شکل ۲-۲ ساختار موجبر رزوناتور حلقوی..... ۳۳
- شکل ۳-۲ مد میدان الکتریکی عرضی..... ۳۷
- شکل ۴-۲ دو موجبر حلقوی کنار هم..... ۳۸
- شکل ۵-۲ کوپلینگ دو موجبر مستقیم ۴۱
- شکل ۶-۲ کوپلینگ دو موجبر مستقیم در صفحه X-Z ۴۲
- شکل ۷-۲ کوپلینگ توان بین یک موجبر مستقیم و رینگ..... ۴۳
- شکل ۸-۲ ساختار رزوناتور حلقوی ساده..... ۴۵
- شکل ۹-۲ کوپلینگ میان یک موجبر رینگ و دو موجبر باس..... ۴۸
- شکل ۱۰-۲ رزوناتورهای حلقوی به صورت کوپلینگ متوالی..... ۵۱
- شکل ۱۱-۲ رزوناتورهای حلقوی به صورت کوپلینگ موازی ۵۱
- شکل ۱۲-۲ حلقه ای از رزوناتورهای حلقوی کوپل شده به دو باس..... ۵۲
- شکل ۱۳-۲ یک رزوناتور حلقوی کوپل شده موجبرهای باس..... ۵۳

- شکل ۲-۱۴ کوپلینگ به صورت عمودی ۵۸
- شکل ۲-۱۵ کوپلینگ به صورت عرضی ۵۹
- شکل ۲-۱۶ نمایی از رزوناتورهای حلقوی با ساختار کوپلینگ سری ۶۰
- شکل ۲-۱۷ فیلتر اد- دراپ با ساختار متقارنی ۳ رینگ ۶۴
- شکل ۲-۱۸ فیلتر اد- دراپ با ساختار متقارنی ۴ رینگ ۶۴
- شکل ۲-۱۹ قسمتی از تابع انتقال در خروجی پورت چهار برای سومین اردر ۶۵
- شکل ۲-۲۰ فیلتر اد- دراپ نامتقارن با ۳ رینگ ۶۶
- شکل ۲-۲۱ فیلتر اد- دراپ نامتقارن با ۴ رینگ ۶۶
- شکل ۲-۲۲ خصوصیات باند توقف در خروجی پورت دو برای فیلتر اد- دراپ با ۳ رینگ ۶۷
- شکل ۲-۲۳ خصوصیات باند گذر در خروجی پورت ۳ برای فیلتر اد- دراپ با ۳ رینگ ۶۸
- شکل ۳-۱ نمودار تغییرات ضریب کوپلینگ برای ۳ مقدار متفاوت و رابطه آن با پهنای نصف بیشینه ۷۲
- شکل ۳-۲ نمودار تغییرات ضریب کوپلینگ نسبت به گاف بین موجبرهای باس و رینگ برای مقادیر مشخص ۷۳
- شکل ۳-۳ ساختار کلی رزوناتور حلقوی ۷۴
- شکل ۳-۴ نمایی از انتشار نور در رزوناتور حلقوی ۷۵
- شکل ۳-۵ نمودار نمودار پورت خروجی و پورت دراپ در طول موج nm ۱۵۵۰ با مشخصات پارامتری $w=1\mu m$ و $g=0.5\mu m$ و $R=13/8\mu$ ۷۵
- شکل ۳-۶ جدول نتایج شبیه سازی و نتایج تئوری برای طول موج nm ۱۵۵۰ ۷۶
- شکل ۳-۷ نمودار پورت خروجی و پورت دراپ در طول موج nm ۱۵۵۱ با مشخصات پارامتری $w=1\mu m$ و $g=0.5\mu m$ و $R=14/5\mu$ ۷۶
- شکل ۳-۸ جدول نتایج شبیه سازی و نتایج تئوری برای طول موج nm ۱۵۵۱ ۷۷

- شکل ۳-۹ نمودار پورت خروجی و پورت دراپ در طول موج 1559 nm با مشخصات پارامتری m
 ۷۷ $g=0/5\mu\text{m}$ و $w=1\mu\text{m}$ و $R=12/3\mu$
- شکل ۳-۱۰ جدول نتایج شبیه سازی و نتایج تئوری برای طول موج 1559 nm
 ۷۸
- شکل ۳-۱۱ نمودار پورت خروجی و پورت دراپ برای مقادیر مشخص شده در متن.....
 ۷۹.....
- شکل ۳-۱۲ ساختار رزوناتور به شکل racetrack برای پارامترهای $l=170\mu\text{m}$ و $w=1\mu\text{m}$ و $r=80/2\mu\text{m}$
 ۸۰.....
- شکل ۳-۱۳ نمودار پورت خروجی و پورت دراپ برای ساختار racetrack.....
 ۸۰
- شکل ۳-۱۴ نمایی از ساختار رزوناتور حلقوی چند تایی.....
 ۸۲
- شکل ۳-۱۵ حذف تعدادی از طول موج ها در اثر ترکیب رزوناتورها.....
 ۸۲
- شکل ۳-۱۶ ساختار کوپلینگ ۳ رزوناتور حلقوی racetrack به صورت سری پارامترهای رزوناتورها: $l=82\mu\text{m}$
 و $w=1\mu\text{m}$ و $r=50/1\mu\text{m}$
 ۸۳.....
- شکل ۳-۱۷ نمودار پورت خروجی و پورت دراپ برای ۳ رزوناتور حلقوی به صورت سری.....
 ۸۳.....
- شکل ۳-۱۸ ساختار کوپلینگ ۳ رزوناتور حلقوی racetrack به صورت موازی پارامترهای رزوناتورها: $l=82\mu\text{m}$
 و $w=1\mu\text{m}$ و $r=50/1\mu\text{m}$
 ۸۴.....
- شکل ۳-۱۹ نمودار پورت خروجی و پورت دراپ برای ۳ رزوناتور حلقوی به صورت موازی
 ۸۴.....
- شکل ۳-۲۰ ساختار نامتقارن کوپلینگ سری ۳ رینگ
 ۸۷.....
- شکل ۳-۲۱ ساختار نامتقارن کوپلینگ سری ۳ رینگ با نرم افزار FDTD.....
 ۸۷.....
- شکل ۳-۲۲ نمودار پورت خروجی برای ساختار ۳ رینگ نامتقارن
 ۸۸.....
- شکل ۳-۲۳ جدول مقایسه نتایج تئوری و شبیه سازی برای ۳ رینگ نامتقارن سری.....
 ۸۸.....

فصل اول

بررسی منابع

۱-۱ مقدمه

فیلترهای دراپینگ کانال که تنها به یکی از کانالهای سیگنال سیستمهای مالتی پلکسینگ مقسم طول موج^۱ دسترسی دارند و به دیگر کانالها آسیبی نمی رسانند، در سیستمهای ارتباطی و مخابراتی بسیار مورد استفاده قرار می گیرند. فیلترهای رزونانسی ساختار مناسبی بدین منظور دارند چراکه به ازای اندازه و سائز مشخصی از یک ساختار می توانند باریکترین پهنای باند را در پاسخ فرکانسی تحقق بخشند. ساختارهای کاسکاد (اتصال آبشارسری) نیز میتوانند پاسخ فرکانسی را بهبود بخشند که این منجر به دستیابی به خصوصیات فیلترینگ خوب شده و همچنین ترغیب به دستیابی به تکنولوژی کشیدن فیبر به منازل^۲ [1] با استفاده از مالتی پلکسرها و فیلتر های تنظیم پذیر در باند C (طول موج مخابراتی ۱۵۳۰-۱۵۶۵ نانومتر) برای شبکه های سیستم های مالتی پلکسینگ مقسم طول موج تحقق بخشیده می شود. برای مثال در شبکه های محلی^۳ فیلتر های تنظیم پذیر توانایی تطابق با کاربرد های مختلف را دارا هستند [۲].

رزوناتور های حلقوی نوری ، عناصر مورد استفاده برای فیلترینگ ، سوئیچینگ و مدولاسیون می باشند. که در این پروژه از عمل فیلترینگ آن ها به منظور یک فیلتر رزونانسی استفاده خواهیم کرد. از مزیت های رزوناتور های حلقوی می توان به سائز کوچک به منظور استفاده در مدارات مجتمع ، ساخت آسان و مقرون به صرفه بودنشان اشاره کرد که البته مهم ترین مزیت این دسته رزوناتور ها ، دستیابی به پاسخ فرکانسی با پهنای باریک و تلفات تابشی کم می باشد. [۳]

¹ Wavelength Division Multiplexing (WDM)

²Fiber To The Home (FTTH)

³Local Area Network (LAN)

1-1-1 فیلتر چیست؟

فیلترها دستگاه هایی هستند که نور انتقالی منتخبی از طول موج های مختلف را در طول مسیر نوری به عنوان بخشی از کل نور جدا می کنند ، فیلترها را عمدتاً می توان از نظر ناحیه ی طول موج عبوری به ۳ دسته ی کلی زیر تقسیم کرد :

- فیلترهای بالاگذر^۱ : این دسته از فیلترها ، طول موج های کوتاه تر را تضعیف و طول موج های بزرگتر را در محدوده ی فعالی از طیف ها (ماورای بنفش ، مرئی ، مادون قرمز) عبور می دهند.
- فیلتر های پایین گذر^۲ : این دسته از فیلترها ، طول موج های بزرگ تر را تضعیف و طول موج های کوتاه تر را در محدوده ی فعالی از طیف مورد نظر (ماورای بنفش و مرئی) عبور می دهند.
- فیلتر های میان گذر^۳ : این دسته از فیلترها فقط یک گروه خاص از طول موج ها را عبور می دهند و بقیه را مسدود میکنند. عرض چنین فیلتری در محدوده ی طول موج بیان شده می تواند کمتر از یک آنگستروم تا چند صد نانو متر باشد. این فیلتر میتواند از ترکیب فیلتر های پایین گذر و بالا گذر ساخته شود. نمونه هایی از این دسته فیلترها لایوت^۴ و فابری-پروت^۵ هستند که هر دوی این فیلترها می توانند تنظیم پذیر ساخته شوند، بطوریکه طول موج مرکزی می تواند توسط کاربر انتخاب شود .

¹Long Pass Filter (LPF)

²Short Pass Filter (SPF)

³Band Pass Filter (BPF)

⁴Lyot

⁵Fabry -perot

۱-۲ ارائه ی نمونه هایی از انواع فیلتر ها و نحوه ی عملکردشان

- فیلتر های رزونانسی : این نوع از فیلتر ها در سال ۱۹۹۰ معرفی شدند که با استفاده از اصل تشدید و رزونانس کار می کنند یعنی طول موج های مشخصی تحت تشدید قرار گرفته و فیلتر می شوند.

- فیلتر های جذبی : این دسته از فیلتر ها معمولا از شیشه که ترکیبات مواد آلی یا معدنی به آن افزوده شده ، ساخته می شوند که این ترکیبات برخی از طول موج ها را به خود جذب می کند درحالیکه باقیمانده ی طول موج ها انتقال می یابند. این ترکیبات همچنین می توانند به پلاستیک اضافه شوند که البته در آن صورت سبک تر و ارزان تر از فیلتر هایی بر مبنای شیشه خواهند بود.

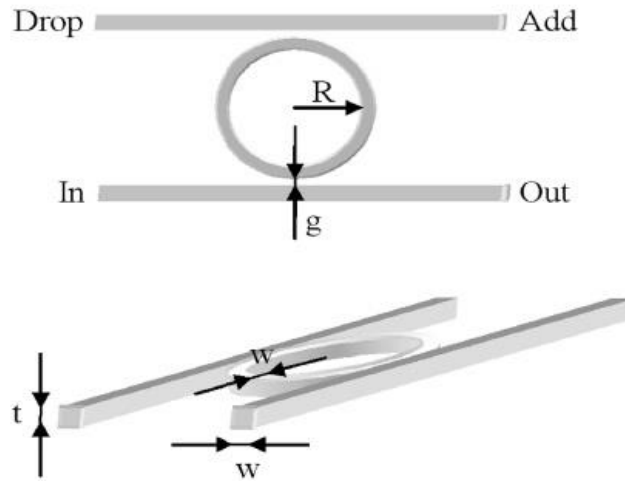
- فیلتر های انعکاسی : این دسته از فیلتر ها معمولا بخش ناخواسته ی نور را منعکس کرده و باقیمانده ی نور را انتقال میدهند که اصل عملکرد آن ها بر پایه ی تداخل است ، که در مقایسه با فیلتر های جذبی بسیار گران تر هستند.[۴]

همانطور که پیش تر اشاره شد ، فیلتر های رزونانسی در سیستم های مخابراتی بسیار مورد توجه قرار می گیرند که از جمله ساختار های آن می توان از رزوناتور حلقوی نام برد .

۱-۳ ساختار رزوناتور حلقوی

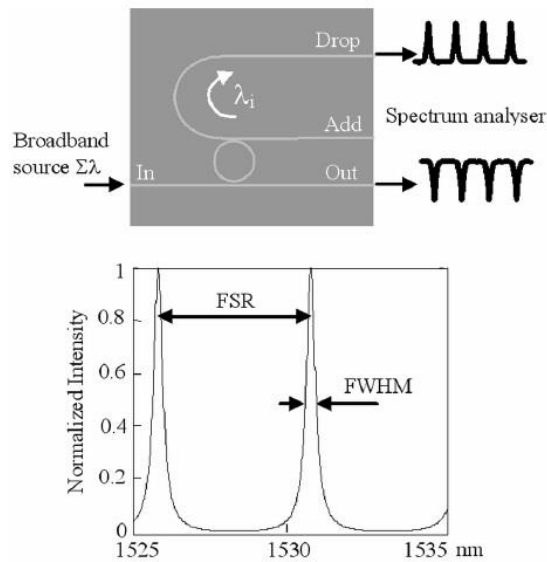
شکل (1-1) نشان دهنده ی شماتیکی از یک فیلتر اد دراپ با استفاده از یک رزوناتور حلقوی می باشد. دو موجبر مستقیم WG1 و WG2 به عنوان موجبر های باس در پایین و بالای رزوناتور حلقوی قرار دارند. اگر یک موج گوسین از پورت ورودی وارد WG1 شود و با رینگ تحت رزونانس باشد ، در این صورت سیگنال به داخل رینگ کوپل می شود و سپس با چرخش در داخل رینگ به WG1 کوپل

شده و از پورت دراپ خارج می شود. بنا به عبور طول موج های منتخب ، چنین ساختاری به عنوان یک فیلتر نوری عمل می کند [۵] .



شکل ۱-۱ : رزوناتور حلقوی تکی با مشخصه های پارامتری

از دسته پارامتر های مهم رزوناتور های حلقوی می توان به پارامتر دقت ، پهنای طیفی آزاد، فاکتور کیفیت و پارامتر پهنای نصف بیشینه اشاره کرد شکل (۱-۲).



شکل ۱-۲ : نمایی از ساختار کلی و پارامتر های رزوناتور حلقوی

۱-۲ تاریخچه و بررسی مواد

فیلتر های رزوناتور حلقوی با استفاده از مواد بسیاری ساخته شده اند. تکنولوژی های متعدد ساخت، تحلیل خصوصیات فیلترینگ و پارامتر های آن را برای شبکه های نوری فراهم می سازد. مزیت استفاده از فیلتر های رزوناتور حلقوی واضح است چرا که آن ها می توانند با مولفه های دیگر از جمله لیزر ها یا SOA ها برای ساخت مدارات مجتمع پیچیده ، کنار هم قرار بگیرند. رزوناتور های حلقوی نیازمند ساختار شبکه ای^۱ یا رویه^۲ برای فیدبک نوری نمی باشند و در ابعاد بسیار ریز می توانند تولید شوند. در این بخش به بررسی تعدادی از نتایج کلی که برای رزوناتور های حلقوی با مواد و ساختار ها و ابعاد متفاوت در طول چند دهه ی اخیر انجام شده است ، می پردازیم .

۱-۲-۱ بررسی دستگاه های منفعل

• فیلتر های رینگ تکی

به عنوان یکی از فیلتر های اولیه می توان به فیلتر های ساخته شده از پوشش پلی متیل متا کریلات^۳ اشاره کرد . در آن ساختار شعاع رینگ $4/5 \text{ Cm}$ ، عرض رینگ $10 \mu\text{m}$ ، فاصله ی بین مراکز موجبر ها $17/5 \mu\text{m}$ بوده که ضریب کوپلینگ ۲٪ حاصل شد. نحوه ی کوپل کردن نور به موجبر ورودی از نوع استفاده از منشور^۴ می باشد. میزان دقت پاسخ فرکانسی ، ۱۶ و میزان اتلاف در رینگ که شامل اتلاف کوپلینگ و اتلاف شعاعی می باشد ، $0/05$ دسی بل در واحد سانتیمتر گزارش شده است . به دلیل ابعاد بزرگ رینگ ، این دسته فیلتر ها چندان مورد استفاده واقع نمی شوند . با تغییرات و تکامل در متد های ساخت و استفاده از مواد گوناگون ، رینگ هایی با شعاع $(R < 100 \mu\text{m})$ ساخته شد .

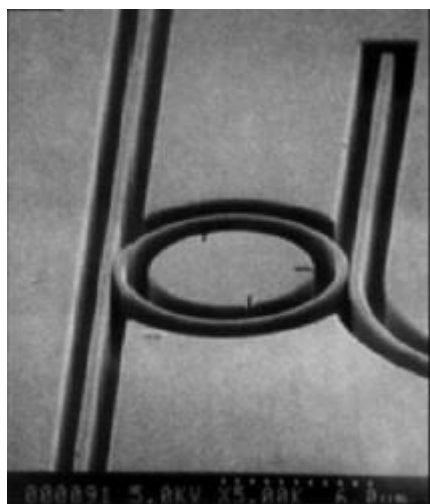
^۱ Grating

^۲ Facet

^۳ Poly Methyl Metacrylate (PMMA)

^۴ Prism Coupling

یکی از این دسته رینگ ها ، رزوناتور ساخته شده از AlGaAs/GaAs با قطر $10/5 \mu\text{m}$ می باشد ، که با این ابعاد ، پهنای طیفی آزاد¹، $20/6 \text{ nm}$ و پهنای نصفه بیشینه²، $0/43 \text{ nm}$ گزارش شد که فاکتور های دقت و کیفیت به ترتیب ۴۸ و ۳۵۰۰ حاصل شدند [۶] شکل (۳-۱).

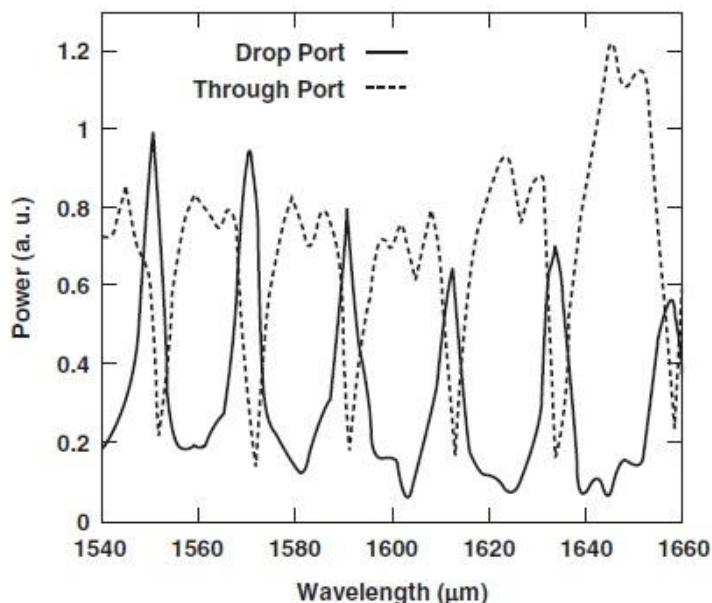


شکل ۳-۱ : تصویر گرفته شده با SEM

برای قطر $10 \mu\text{m}$ پهنای طیفی آزاد $10/2 \text{ nm}$ و پهنای نصف بیشینه $0/54 \text{ nm}$ به دست آمد . به طور مشابه رزوناتور حلقوی با شیشه ساخته شدند که برای شعاع $10 \mu\text{m}$ ، پهنای طیفی آزاد 20 nm و پهنای نصف بیشینه $5/2 \text{ nm}$ بدست آمد و ضرایب دقت و کیفیت به ترتیب ۴ و ۳۰۰ گزارش شدند [۷]. مقدار ضریب کیفیت بالا نشان دهنده ی کوپلینگ قوی است شکل (۴-۱).

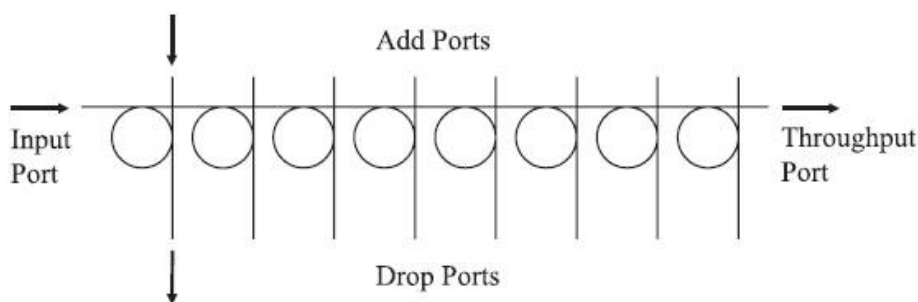
¹ Free Spectral Range(FSR)

² Full Width At Half Of The Maximum(FWHM)



شکل ۱-۴ : پاسخ طول موجی میدان الکتریکی عرضی برای رزوناتور حلقوی با شعاع $10 \mu\text{m}$ [7]

در سال های بعد از همین رزوناتور های حلقوی برای ساخت بلوک های هشت تایی استفاده شد شکل (۱-۵) بدین صورت که چندین رزوناتور برای ساخت فیلتر اد-دراپ چند کانالی ، به طور موازی کنار هم قرار می گیرند.

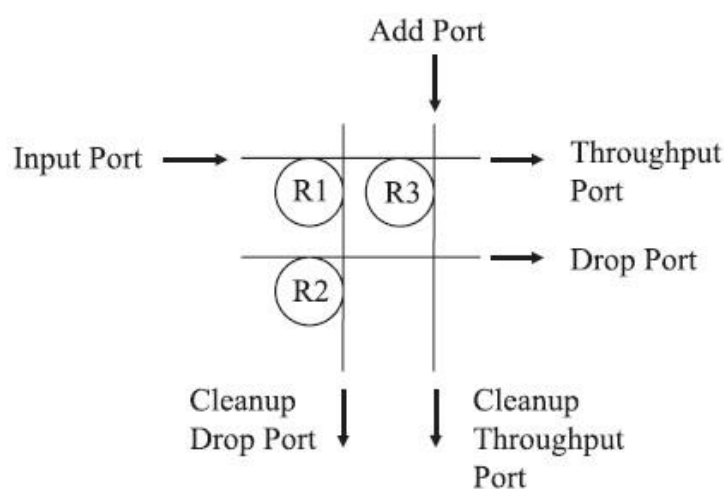


شکل ۱-۵ : فیلتر اد-دراپ هشت کانالی

هر رینگ می تواند شعاع متفاوت و در نتیجه طول موج تشدید متفاوت داشته باشد ، که در این حالت مقدار پهنای نصف بیشینه به صورت متوسط $20/1 \text{ nm}$ و $20/2 \text{ nm}$ برای مد میدان الکتریکی عرضی و میدان مغناطیسی عرضی به دست می آید. در این حالت فاصله ی بین کانال ها $5/7 \text{ nm}$

و میزان هم شنوایی^۱ ۳۰- دسی بل حاصل می شود. با تغییر شعاع رینگ و پهناهای موجبر ها می توان مقدار فاصله ی بین کانال ها را کنترل کرد .

کوپلینگ عمودی ، نه تنها در حالت اتصال آبشاری موازی برای ایجاد فیلتر اد-دراپ ، بلکه برای ایجاد ساختار آرایه ی شبکه ی عرضی ۲×۲^۲ نیز کاربرد دارد شکل (۱-۶).



شکل ۱-۶ : آرایه شبکه عرضی 2x2

در این حالت هر یک از تک تک این رینگ ها ، مشخصات یکسان دارند و در کل این نوع ساختار پاسخ طیفی تمیز تری به دنبال خواهند داشت. در نهایت با ترکیب دو ساختار فوق یعنی حالت کوپلینگ موازی هشت رینگ و ساختار شبکه ای عرضی در سال ۲۰۰۵ توسط گروه Kokubun ساختار آرایه ی شبکه ی عرضی ۸×۸ طراحی شد ، به نحوی که ضخامت موجبر ها $1/5 \mu\text{m}$ و عرضشان بین $1-1/7 \mu\text{m}$ متغیر بوده و فاصله ی بین موجبر های باس $250 \mu\text{m}$ بود. (ماده ی دی الکتربیک هسته ، $\text{Ta}_2\text{O}_5\text{-SiO}_2$ با ضریب شکست $n=1/8$ و یا SiN با ضریب شکست $n=2$ و لایه ی

^۱Cross Talk

^۲Cross Grid Array 2x2