



دانشگاه صنعتی شیراز

دانشکده برق و الکترونیک

پایان نامه کارشناسی ارشد در مهندسی الکترونیک

عنوان :

آنالیز و مدل سازی فیلترهای مایکروویو-فوتونیک با ضرایب منفی

توسط :

روح اله حیدری

استاد راهنما :

دکتر محمد رضا صالحی

شهریور ماه ۱۳۸۷



دانشکده برق و الکترونیک

پایان نامه کارشناسی ارشد در مهندسی الکترونیک

عنوان

آنالیز و مدل سازی فیلترهای مایکروویو-فوتونیک با ضرایب منفی

توسط :

روح اله حیدری

استاد راهنما :

دکتر محمد رضا صالحی

شهریور ماه ۱۳۸۷

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

به نام خدا

آنالیز و مدل سازی فیلترهای مایکروویو-فوتونیک با ضرایب منفی

به وسیله ی :

روح اله حیدری

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی لازم
برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته ی :

مهندسی برق و الکترونیک

از دانشگاه صنعتی شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه : عالی

..... دکتر محمد رضا صالحی، استادیار دانشکده برق و الکترونیک (رئیس کمیته)

..... دکتر محمد جواد دهقانی، استادیار دانشکده برق و الکترونیک

..... دکتر مسعود محزون، استادیار دانشکده برق و الکترونیک

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

آنانکه وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم همه مهر ، توانشان رفت تا به توانایی برسم ، آنانکه فروغ نگاهشان ، گرمی کلامشان و روشنی رویشان سرمایه های جاودانی زندگی من است ، آنانکه راستی قامت در شکستگی قامتشان تجلی یافت ، سرو وجودشان همواره سرسبز و استوار . تقدیم به خواهر و برادرانم ، آنانکه وجود مهربانسان همچون چشمه ای جوشان سیراب کننده نهال زندگیم بود ، گلزار زندگیشان شکوفا باد.

و تقدیم به یگانه ستاره زندگی ام،

همسر عزیزم

که با مهربانی و شکیبایی اش مرا عاشقانه همراهی نموده است.

روح اله حیدری

شهریور ۱۳۸۷

سپاسگزاری

اکنون که این رساله به پایان رسیده است بر خود فرض می دانم که از استاد بزرگوار جناب آقای دکتر صالحی در مراحل مختلف تحصیلی و نیز دقتی که در راهنمایی پایان نامه و اصلاح آن مبذول داشته اند ، نهایت تشکر را نمایم.

چکیده

آنالیز و مدل سازی فیلترهای مایکروویو-فوتونیک با ضرایب منفی

به وسیله ی :

روح اله حیدری

پردازش سیگنالهای مایکروویو و موج-میلیمتری در حوزه فوتونیک موضوع جالبی برای محققین در طی چند سال اخیر بوده است. در مقایسه با فیلترهای مایکروویو الکترونیکی متداول، فیلترهای مایکروویو-فوتونیک دارای مزایای مفیدی مانند پهنای باند زیاد، تلفات کم، وزن سبک، تنظیم پذیری وسیع و مصونیت در برابر تداخل الکترومغناطیسی هستند. به منظور اجتناب از مشکل همدوسی نور لیزر، معمولاً فیلترهای مایکروویو-فوتونیک تحت رژیم غیر همدوس کار می کنند. ولی در این رژیم، ضرایب فیلتر (تپ ها) همیشه مثبت بوده و تنها می توان فیلتر پایین گذر را بدست آورد. برای بسیاری از کاربردها مانند سیستمهای مخابرات بی سیم و رادار، به فیلترهای میان گذر نیاز است. بنابراین بایستی علاوه بر ضرایب مثبت، ضرایب منفی نیز ایجاد شوند. بدین منظور، در این رساله سه ساختار فیلتر مایکروویو-فوتونیک متفاوت با ضرایب منفی، بر اساس مدولاتور فاز پیشنهاد گردیده و به طور تحلیلی بررسی می شوند.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول : مقدمه و تاریخچه.....
۱-۱-۱	مقدمه.....
۴	۲-۱- تاریخچه فیلترهای میکروویو- فوتونیک.....
۱۴	فصل دوم : المانهای نوری و ساختارهای فیلترهای میکروویو- فوتونیک.....
۱-۲-۱	المانهای نوری.....
۱-۲-۱-۱	۱-۱-۲- مدولاتور فاز الکترو- اپتیک.....
۱-۲-۱-۲	۲-۱-۲- مدولاتور شدت الکترو- اپتیک.....
۱-۲-۱-۳	۳-۱-۲- آشکار سازهای نوری.....
۱-۲-۱-۴	۴-۱-۲- فیبر تک مد و بررسی تفرق در آن.....
۱-۲-۱-۵	۵-۱-۲- کوپلرهای نوری.....
۱-۲-۱-۶	۶-۱-۲- تقسیم کننده پلاریزاسیون پرتو نوری.....
۱-۲-۱-۷	۷-۱-۲- فیبر نگه دارنده پلاریزاسیون.....
۲-۲-۱	۲-۲- فیلترهای میکروویو- فوتونیک بر اساس مدولاسیون شدت.....
۲-۲-۱-۱	۱-۲-۲- ساختار کلی.....
۲-۲-۱-۲	۲-۲-۲- تابع تبدیل سیستم.....
۳-۲-۱	۳-۲- فیلترهای میکروویو- فوتونیک بر اساس مدولاسیون فاز.....
۳-۲-۱-۱	۱-۳-۲- مدولاسیون فاز در برابر مدولاسیون شدت.....
۳-۲-۱-۲	۲-۳-۲- ساختار کلی و تابع تبدیل سیستم.....
۳۸	فصل سوم : مدل سازی و آنالیز فیلترهای میکروویو- فوتونیک میان گذر.....
۱-۳-۱	۱-۳- فیلتر میکروویو- فوتونیک میان گذر با ضرایب منفی بر اساس مدولاتور فاز الکترو- اپتیک و پلاریزر نوری.....
۱-۳-۱-۱	۱-۳-۱- مقدمه.....

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳۹	۲-۱-۳- ساختار فیلتر و آنالیز آن.....
۴۳	۳-۱-۳- نتایج عددی.....
	۲-۳- فیلتر مایکروویو- فوتونیک میان گذر قابل تنظیم بر اساس مدولاتور فاز الکترو-اپتیک و تقسیم کننده متغیر پلاریزاسیون پرتو و پلارایزر نوری.....
۴۴	۱-۲-۳- مقدمه.....
۴۴	۲-۲-۳- ساختار فیلتر و آنالیز آن.....
۵۰	۳-۲-۳- نتایج عددی.....
۵۴	۴-۲-۳- دو ساختار دیگر فیلتر مایکروویو- فوتونیک میان گذر.....
	۳-۳- فیلتر مایکروویو- فوتونیک معادل میان گذر، بر اساس تبدیل مدولاسیون فاز به شدت با استفاده از فیبر تک مد به طول ۲۵-km.....
۶۰	۱-۳-۳- مقدمه.....
۶۱	۲-۳-۳- ساختار فیلتر و آنالیز آن.....
۶۵	۳-۳-۳- نتایج عددی.....
۷۱	فصل چهارم : نتیجه گیری و آینده پایان نامه.....
۷۱	۱-۴- نتیجه گیری.....
۷۲	۲-۴- آینده پایان نامه.....
۷۳	فهرست منابع.....

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- مفهوم کلی پردازش سیگنالهای RF در سیستمهای RF از نوع الکترونیکی و فوتونیکی	
(الف) سیستم RF در حوزه الکترونیک، (ب) سیستم RF در حوزه فوتونیک.....	۲
شکل ۲-۱- بلوک دیاگرام طرح آشکارسازی تفاضلی.....	۴
شکل ۳-۱- پیاده سازی اپتیکی فیلتر پایین گذر.....	۵
شکل ۴-۱- پیاده سازی اپتیکی فیلتر بالاگذر.....	۵
شکل ۵-۱- شماتیک فیلتر تمام نوری با استفاده از معکوس نمودن دامنه در SOA.....	۶
شکل ۶-۱- شماتیک فیلتر تمام نوری با استفاده از معکوس نمودن دامنه در SOA.....	۷
شکل ۷-۱- ساختار فیلتر Bipolar FODL تمام نوری و قابل تنظیم.....	۸
شکل ۸-۱- شماتیک فیلتر TAOINT-FOTF.....	۸
شکل ۹-۱- ساختار شماتیک فیلتر RF با تپ منفی. (الف) توان خروجی منبع نوری باند پهن، (ب) سیگنال ورودی داده شده به مدولاتور الکترو-اپتیک.....	۹
شکل ۱۰-۱- ساختار دو ناچ فیلتر نوری با تپ منفی.....	۱۰
شکل ۱۱-۱- بلوک دیاگرام فیلتر میان گذر.....	۱۱
شکل ۱۲-۱- ساختار فیلتر میان گذر با ضرایب منفی.....	۱۲
شکل ۱۳-۱- ساختار فیلتر میان گذر تمام نوری دو تپی به همراه تابع تبدیل فیلتر نوری Sagnac-loop.....	۱۳
شکل ۱-۲- ساختار کلی مدولاتور فاز الکترو- اپتیک.....	۱۵
شکل ۲-۲- ساختار کلی مدولاتور شدت بر اساس مدولاتور فاز الکترو- اپتیک.....	۱۷
شکل ۳-۲- ساختار ساده شده مدولاتور شدت بر اساس مدولاتور فاز الکترو- اپتیک.....	۱۷
شکل ۴-۲- مشخصه انتقالی $T(V)$ بر حسب ولتاژ اعمالی V	۱۹
شکل ۵-۲- ساختار فوتودیود نیمه هادی PIN.....	۲۰
شکل ۶-۲- فیبر تک مد.....	۲۱
شکل ۷-۲- ساختار کوپلر نوری.....	۲۲
شکل ۸-۲- ساختار بلوکی تقسیم کننده پلاریزاسیون پرتو نوری (PBS).....	۲۳
شکل ۹-۲- نحوه انتشار پالس در فیبر نگه دارنده پلاریزاسیون (PMF).....	۲۴
شکل ۱۰-۲- ساختار کلی فیلتر میکروویو- فوتونیک بر اساس مدولاسیون شدت.....	۲۵

فهرست شکل ها

صفحه

عنوان

۲۹	۱۵۰	پیکو ثانیه.....
۳۱	۱۲-۲	شکل ساختار بلوکی مدولاسیون فاز.....
۳۳	۱۳-۲	شکل توان نوری نرمالیزه شده به ازای اندیسه‌های مدولاسیون متفاوت : (الف) $\beta = 1/5$ ، (ب) $\beta = 0/3$ ، (ج) $\beta = 0/1$
۳۴	۱۴-۲	شکل ساختار بلوکی مدولاسیون شدت.....
۳۵	۱۵-۲	شکل طیف سیگنال نوری: (الف) مدوله شده فاز، (ب) مدوله شده شدت.....
۳۶	۱۶-۲	شکل ساختار کلی فیلتر مایکروویو- فوتونیک بر اساس مدولاسیون فاز.....
۴۰	۱-۳	شکل ساختار بلوکی فیلتر مایکروویو میان گذر بر اساس مدولاتور فاز الکترو- اپتیک و پلارایزر نوری.....
۴۳	۲-۳	شکل پاسخ فرکانسی نرمالیزه شده فیلتر، $L_{PMF} = 126 \text{ m}$
۴۴	۳-۳	شکل پاسخ فرکانسی نرمالیزه شده فیلتر، $L_{PMF} = 62/9 \text{ m}$
۴۵	۴-۳	شکل ساختار بلوکی فیلتر مایکروویو میان گذر قابل تنظیم بر اساس مدولاتور فاز الکترو- اپتیک، VPBS و پلارایزر نوری.....
۵۱	۵-۳	شکل پاسخ فرکانسی نرمالیزه شده فیلتر مایکروویو میان گذر با دو تپ و با $L_1 - L_2 = 1 \text{ m}$
۵۱	۶-۳	شکل پاسخ فرکانسی نرمالیزه شده فیلتر مایکروویو میان گذر با دو تپ و با $L_1 - L_2 = 0/5 \text{ m}$
۵۲	۷-۳	شکل پاسخ فرکانسی نرمالیزه شده فیلتر مایکروویو میان گذر با دو تپ و با $L_1 - L_2 = 3/2 \text{ cm}$ ، $\Delta\tau_d = 0$ ، $FSR = 6/25 \text{ GHz}$
۵۲	۸-۳	شکل پاسخ فرکانسی نرمالیزه شده فیلتر مایکروویو میان گذر با دو تپ و با $L_1 = L_2$
۵۳	۹-۳	شکل پاسخ فرکانسی نرمالیزه شده فیلتر مایکروویو میان گذر با دو تپ و با $L_1 = L_2$
۵۳	۱۰-۳	شکل پاسخ فرکانسی نرمالیزه شده فیلتر مایکروویو میان گذر با دو تپ و با $L_1 = L_2$
۵۴	۱۱-۳	شکل ساختار بلوکی فیلتر مایکروویو میان گذر قابل تنظیم بر اساس مدولاتور فاز الکترو- اپتیک، VPBS و PBC.....

فهرست شکل ها

صفحه

عنوان

۵۵.....	شکل ۳-۱۲- ساختار بلوکی فیلتر مایکروویو میان گذر قابل تنظیم در مسیری رفت و برگشت بر اساس مدولاتور فاز الکترو-اپتیک، VPBS و سیرکولاتور نوری.
۵۷.....	شکل ۳-۱۳- پاسخ فرکانسی نرمالیزه شده فیلتر مایکروویو میان گذر با دو تپ و با $L_1 - L_2 = 1 \text{ m}$.
۵۷.....	شکل ۳-۱۴- پاسخ فرکانسی نرمالیزه شده فیلتر مایکروویو میان گذر با دو تپ و با $L_1 - L_2 = 0.5 \text{ m}$.
۵۸.....	شکل ۳-۱۵- پاسخ فرکانسی نرمالیزه شده فیلتر مایکروویو میان گذر با دو تپ و با $L_1 - L_2 = 1/6 \text{ cm}$ ، $\Delta\tau_d=0$ ، $FSR=6/25 \text{ GHz}$.
۵۸.....	شکل ۳-۱۶- پاسخ فرکانسی نرمالیزه شده فیلتر مایکروویو میان گذر با دو تپ و با $L_1=L_2$.
۵۹.....	شکل ۳-۱۷- پاسخ فرکانسی نرمالیزه شده فیلتر مایکروویو میان گذر با دو تپ و با $L_1=L_2$.
۵۹.....	شکل ۳-۱۸- پاسخ فرکانسی نرمالیزه شده فیلتر مایکروویو میان گذر با دو تپ و با $L_1=L_2$.
۶۰.....	شکل ۳-۱۹- ساختار بلوکی فیلتر مایکروویو میان گذر قابل تنظیم بر اساس تبدیل مدولاسیون فاز به شدت با استفاده از فیبر تک مد به طول ۲۵-km.
۶۶.....	شکل ۳-۲۰- پاسخ فرکانسی $H_{PM-IM}(\omega)$ برای تبدیل مدولاسیون فاز به شدت با استفاده از فیبر تک مد به طول ۲۵-km.
۶۷.....	شکل ۳-۲۱- پاسخ فرکانسی $H_{PM-IM}(\omega)$ برای تبدیل مدولاسیون فاز به شدت با استفاده از فیبر تک مد به طول ۵۰-km.
۶۷.....	شکل ۳-۲۲- پاسخ فرکانسی $H_{PM-IM}(\omega)$ برای تبدیل مدولاسیون فاز به شدت با استفاده از فیبر تک مد به طول ۱۰۰-km.
۶۹.....	شکل ۳-۲۳- پاسخ فرکانسی $H_{IM}(\omega_m)$ به ازای $\Delta\tau_d$ های مختلف.
۶۹.....	شکل ۳-۲۴- پاسخ فرکانسی فیلتر مایکروویو میان گذر معادل برای فیبر تک مد به طول ۲۵-km.
۷۰.....	شکل ۳-۲۵- پاسخ فرکانسی فیلتر مایکروویو میان گذر معادل برای فیبر تک مد به طول ۵۰-km.
۷۰.....	شکل ۳-۲۶- پاسخ فرکانسی فیلتر مایکروویو میان گذر معادل برای فیبر تک مد به طول ۱۰۰-km.

فصل اول

مقدمه و تاریخچه

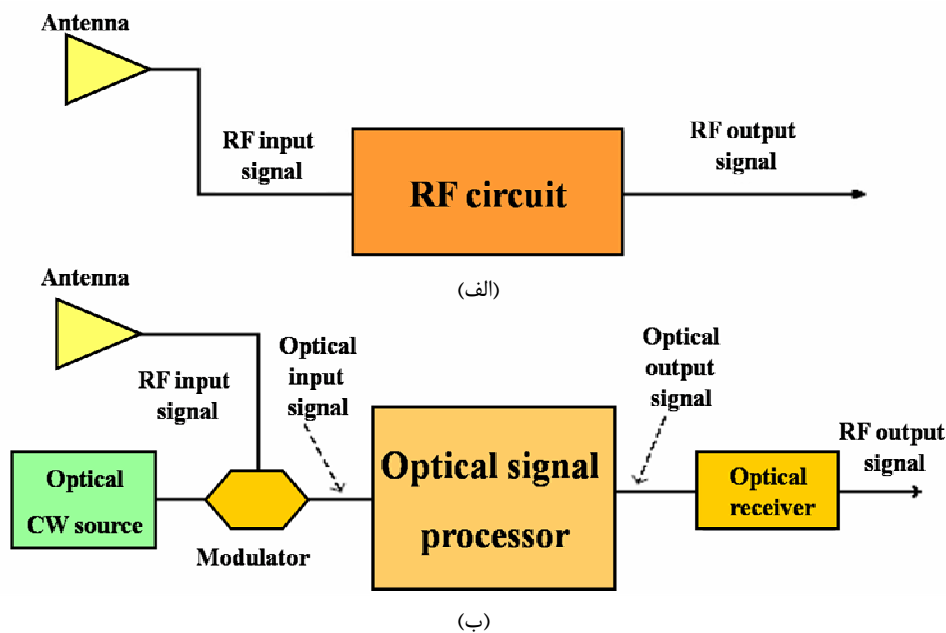
۱-۱- مقدمه

فیلترهای میکروویو- فوتونیک زیر شاخه ای از سیستمهای فوتونیک هستند که برای انجام هدفی معادل با فیلترهای میکروویو معمولی در سیستمهای فرکانس رادیویی (RF)^۱ طراحی می شوند [۱]-[۵]. مفهوم کلی پردازش سیگنالهای RF در سیستمهای RF از نوع الکترونیکی و فوتونیک در شکل ۱-۱ نشان داده شده است [۵].

شکل ۱-۱(الف)، سیستم RF را در حوزه الکترونیک نشان می دهد. در این شکل، سیگنال RF دریافتی از آنتن وارد مدار RF شده و در آنجا مورد پردازش قرار می گیرد. در خروجی سیستم نیز مجدداً سیگنال RF بازیابی می شود. معمولاً مدار RF قادر است وظیفه پردازش سیگنال را در پهنای باند خاصی که به منظور آن طراحی شده است، انجام دهد. این امر سبب می شود که مدار RF انعطاف پذیری ضعیفی داشته باشد. زیرا، اگر پهنای باند سیگنال مورد پردازش تغییر کند بایستی مدار RF جدیدی طراحی شده و در نتیجه به سخت افزار پیچیده تری نیاز است. همچنین، اگر پهنای باند سیگنال RF تغییر داده نشود طبیعت سیگنال مدوله کننده ممکن است به پردازشگری با پهنای باند یا سرعت نمونه برداری بیشتر، نیاز داشته باشد. معایب فوق در تکنولوژی مخابرات نوری به عنوان تنگناهای الکترونیک^۲ شناخته می شوند. بنابراین، برای غلبه بر محدودیتهای فوق استفاده از تکنولوژی فوتونیک پیشنهاد می شود. با استفاده از این تکنولوژی، پردازش سیگنال RF که توسط حامل نوری حمل می شود مستقیماً در حوزه اپتیک صورت می گیرد. این نوع پردازش به عنوان پردازش نوری زمان گسسته سیگنالهای میکروویو شناخته می شود.

¹ Radio Frequency

² Electronic Bottleneck



شکل ۱-۱ مفهوم کلی پردازش سیگنالهای RF در سیستمهای RF از نوع الکترونیکی و فوتونیک.

(الف) سیستم RF در حوزه الکترونیک، (ب) سیستم RF در حوزه فوتونیک.

شکل ۱-۱(ب)، ساختار این نوع تکنولوژی را در حوزه فوتونیک نشان می دهد. این ساختار، از منبع نور به عنوان حامل نوری، مدولاتور، مدار پردازشگر نوری و گیرنده نوری تشکیل شده است. در این شکل، حامل نوری توسط سیگنال RF دریافتی از آنتن، در مدولاتور مدوله می شود. در واقع، مدولاتور سیگنال RF را از حوزه الکترونیکی به حوزه نوری تبدیل می کند. سپس، سیگنال نوری مدوله شده وارد مدار پردازشگر نوری شده و در آنجا مورد پردازش قرار می گیرد. مدار پردازشگر نوری معمولاً از یک فیلتر مایکروویو- فوتونیک که شامل المانهای نوری مانند خطوط تأخیر زمانی، کوپلر و دیگر مدارات فوتونیک است تشکیل شده است. سرانجام، سیگنال نوری در خروجی مدار پردازشگر وارد مدار گیرنده یا آشکارساز نوری شده و در آنجا سیگنال الکترونیکی RF بازیابی می شود. در واقع، آشکارساز نوری سیگنال را از حوزه نوری به حوزه الکترونیکی تبدیل می کند. پردازش سیگنالهای RF در حوزه فوتونیک به علت مزایایی که خطوط تأخیر فیبر نوری دارند موضوع جالبی برای محققین در چند سال اخیر بوده است. زیرا، با استفاده از خطوط تأخیر فیبر نوری می توان فرکانس نمونه برداری را در ساختار فیلترهای مایکروویو- فوتونیک به بیش از ۱۰۰ گیگاهرتز افزایش داد در حالی که برای فیلترهای مایکروویو الکترونیکی، این فرکانس در حدود چند گیگاهرتز است. از طرفی فیبرهای نوری مستقل از فرکانس RF، تلفات بسیار کم، پهنای باند بسیار بزرگ و وزن سبکی دارند و همچنین نسبت به تداخل الکترومغناطیسی ایمن هستند.

فیلترهای میکروویو- فوتونیک کاربرد ویژه ای در سیستمهای RoF¹ مانند موبایل، امواج میلیمتری و شبکه های بی سیم² به منظور انتخاب یا حذف کانال، بهبود SNR³ و حذف یا کاهش تفرق⁴ دارند. همچنین از اینگونه فیلترها می توان در کنترل اپتیکی آنتن های Phased-array و در سیستمهای رادار MTI⁵ [6] به منظور تشخیص هدف متحرک استفاده نمود. در تمام موارد فوق می توان سیگنال را مستقیماً در حوزه نور و بدون نیاز به تبدیل نوری به الکتریکی و الکتریکی به نوری پردازش نمود.

معمولاً، فیلترهای میکروویو- فوتونیک می توانند تحت یکی از دو رژیم همدوس یا غیر همدوس کار کنند. بنابراین، ابتدا لازم است که رژیم همدوس و غیر همدوس با توجه به رابطه بین زمان همدوسی منبع نور استفاده شده در فیلتر (τ_c) و کوچکترین تأخیر زمانی موجود در سیستم (T) تعریف شوند. در حالت کلی، زمان همدوسی منبع نور τ_c بصورت زیر داده می شود [5]، [7]

$$\tau_c = \frac{l_c}{c} \approx \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda} \quad (1-1)$$

که در آن، c سرعت نور در خلاء، l_c طول همدوسی، λ و $\Delta\lambda$ به ترتیب طول موج مرکزی و پهنای باند طیفی منبع نور هستند.

برای یک فیلتر میکروویو- فوتونیک با کوچکترین تأخیر زمانی T ، اگر $\tau_c \gg T$ یا $l_c \gg l$ (اختلاف طول بین دو خط تأخیر زمانی مجاور) باشد، گفته می شود فیلتر تحت رژیم همدوس کار می کند. در این حالت، فاز تپ ها⁶، نقش کلیدی در پاسخ فرکانسی یا زمانی سیستم دارد. از لحاظ تئوری، در چنین شرایطی می توان هر دو ضریب مثبت و منفی را با آشکارسازی همدوس بدست آورد. اما، فاز سیگنالهای نوری وابستگی شدیدی به تغییرات محیط مانند تغییرات دما داشته و تداخل سیگنالهای نوری تأخیر یافته با فازهای تصادفی در آشکارساز، سبب می شود که پاسخ فرکانسی فیلتر ناپایدار گردد. بنابراین لازم است فاز بصورت دقیق کنترل شود. همچنین در این رژیم، ساخت فیلتر بر اساس خط تأخیر فیبر نوری مشکل می شود. زیرا تأخیرهایی که توسط فیبر نوری ایجاد می شوند معمولاً بزرگتر از زمان همدوسی منبع نور هستند.

برعکس، اگر $\tau_c \ll T$ یا $l_c \ll l$ باشد، گفته می شود فیلتر تحت رژیم غیر همدوس کار می کند. در چنین حالتی، سیگنالهای نوری تأخیر داده شده در آشکارساز با یکدیگر تداخل نمی کنند و توان نوری در آشکارساز از جمع توان نوری تمام سیگنالهای نوری تأخیر یافته بدست می آید. همچنین، اینگونه فیلترهای میکروویو- فوتونیک به تغییرات محیط وابستگی نداشته و بسیار پایدار می باشند. اما، مشکل رژیم غیر همدوس این است که ضرایب سیگنالهای میکروویو تأخیر یافته در خروجی آشکارساز متناسب با توان یا شدت

¹ Radio-over-Fiber

² Wireless LAN

³ Signal-to-Noise Ratio

⁴ Dispersion

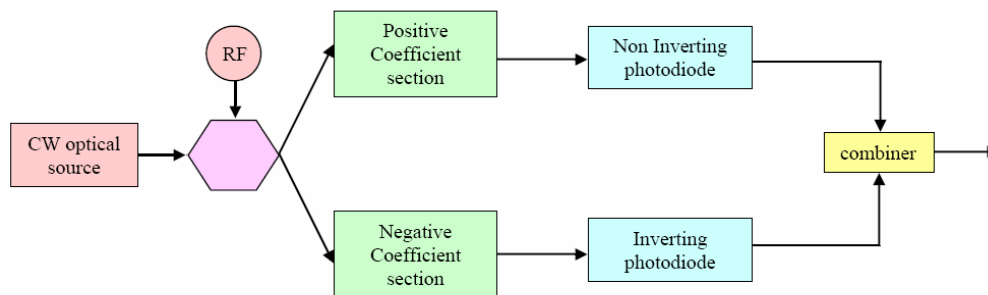
⁵ Moving Target Identification

⁶ Taps

نوری بوده و همیشه مثبت هستند. بر اساس تئوری پردازش سیگنال [۸]، فیلترهای خط تأخیر با ضرایب مثبت، تنها می توانند به عنوان یک فیلتر پایین گذر عمل کنند. اما، در بسیاری از کاربردها، به فیلترهای میان گذر نیاز است. بنابراین، بایستی علاوه بر ضرایب مثبت، ضرایب منفی نیز ایجاد شوند. تاکنون، ساختارهای گوناگونی برای ساخت فیلترهای مایکروویو- فوتونیک در رژیم غیر همدوس با ضرایب منفی پیشنهاد شده است [۹-۱۷]. از اینرو، در ادامه تاریخچه ای از این تکنیکها به همراه مزایا و معایب آنها ارائه می شود.

۲-۱- تاریخچه فیلترهای مایکروویو- فوتونیک

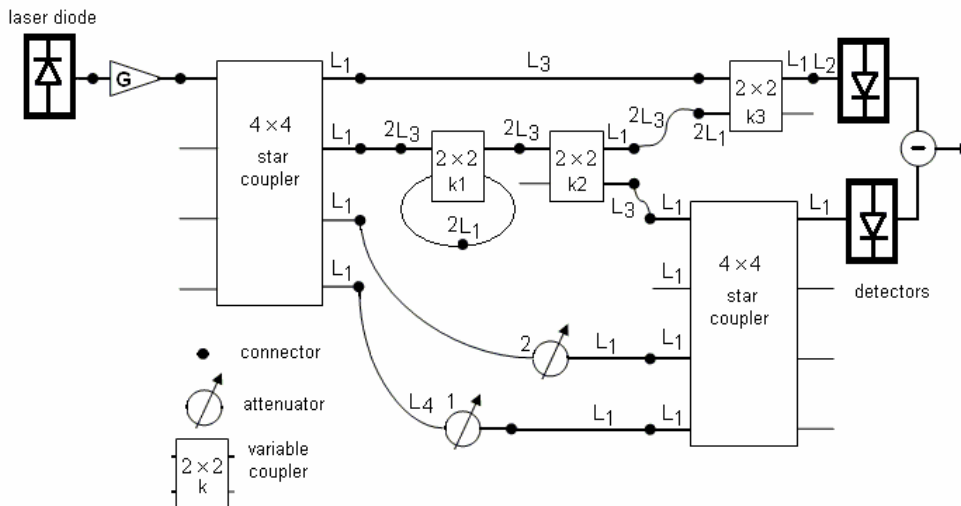
در این بخش، تاریخچه فیلترهای مایکروویو- فوتونیک مورد بررسی قرار می گیرد. اولین ساختار در سال ۱۹۹۵ توسط S. Sales *et al.* پیشنهاد شد [۹]. در این ساختار، پیاده سازی و نمایش آزمایشگاهی دو فیلتر خط تأخیر فیبر نوری با ضرایب منفی، با استفاده از تکنیک آشکارسازی تفاضلی^۱ ارائه شده است. در طرح آشکارسازی تفاضلی می توان با ساختارهایی تمام مثبت، هم قسمتهای مثبت و منفی یک فیلتر را پیاده سازی نمود. همانطور که در شکل ۲-۱ مشاهده می کنید این ساختار از دو قسمت تشکیل شده است. یک قسمت ضرایب مثبت و قسمت دیگر ضرایب منفی را تولید می کند و سپس عمل تفریق کردن فیلتر، بعد از دیودهای آشکارساز انجام می شود.



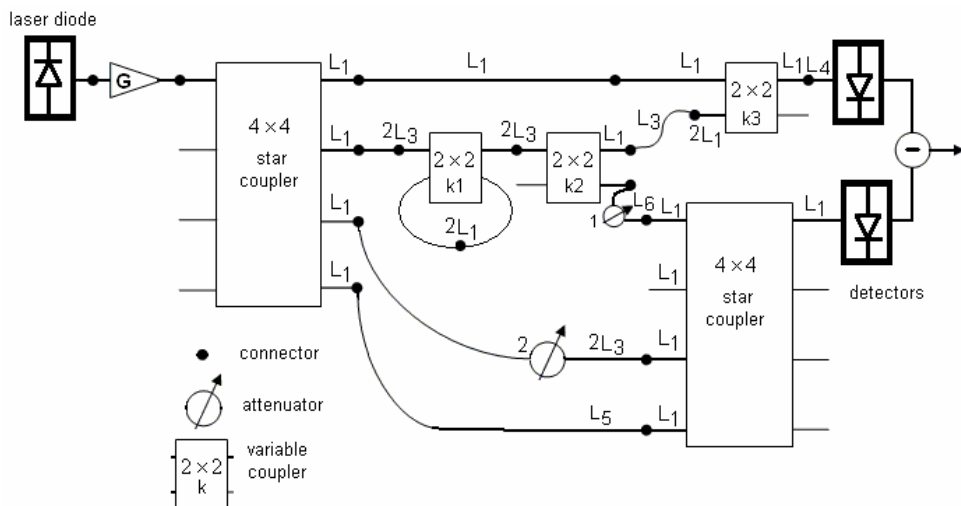
شکل ۲-۱ بلوک دیاگرام طرح آشکارسازی تفاضلی.

¹ Differential detection

مدار آزمایشگاهی دو فیلتر پایین گذر و بالاگذر به ترتیب در شکل‌های ۳-۱ و ۴-۱ نشان داده شده است. ایراد این ساختارها این است که نیاز به تبدیل سیگنال نوری به الکتریکی دارند. بنابراین، ساخت سیستم پیچیده تر و هزینه آن بیشتر می شود.

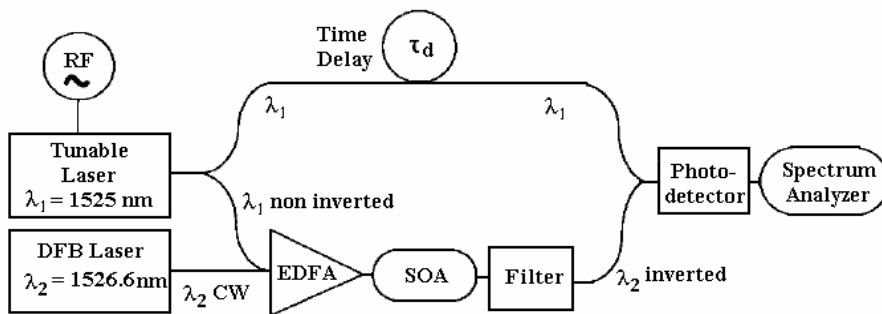


شکل ۳-۱ پیاده سازی اپتیکی فیلتر پایین گذر.



شکل ۴-۱ پیاده سازی اپتیکی فیلتر بالاگذر.

دو آرایش فیلتری متفاوت با ضرایب منفی در سال ۱۹۹۷ توسط F. Coppinger *et al.* پیشنهاد شد [۱۰]. این فیلترها شامل یک تقویت کننده نوری نیمه هادی (SOA)^۱ هستند و برای بدست آوردن تپ های منفی در سیستم نوری غیر همدوس ، از تکنیک مدولاسیون گین مقطعی^۲ در محیط لیزری استفاده می کنند. به عبارتی، تپ های منفی از طریق وارونه شدن سیگنال در SOA به علت خاصیت مدولاسیون گین مقطعی بدست می آیند. به دلیل اشباع گین در محیط گینی SOA ، کپی وارونه شده ای از سیگنال نوری مدوله شده RF با طول موج λ_1 بر روی پراب سیگنال^۳ در طول موج λ_2 ظاهر می شود و سپس با ترکیب آنها توسط کوپلر نوری، مؤلفه های ac (در حوزه نور) از یکدیگر تفریق می شوند. بنابراین SOA نقش تپ منفی را انجام می دهد. مزیت اصلی این تکنیک در مقایسه با روش آشکارسازی تفاضلی این است که سیگنال در حوزه نور نگه داشته می شود. بنابراین، این ساختار علاوه بر حفظ نمودن مزیت های عملکرد غیر همدوس، به تبدیل اپتو الکترونیکی به منظور دستیابی به وزنه های تپ منفی نیاز ندارد؛ در نتیجه می توان با کاسکود نمودن اینگونه فیلترها در حوزه نور، به فیلترهایی با مرتبه بالاتر دست یافت. یکی از کاربردهای این فیلتر، تشخیص هدف متحرک در رادارهای کنترل شونده بصورت اپتیکی است. اعوجاج درون SOA و هزینه زیاد آن، اشکال اصلی این فیلتر می باشد. شکل های ۱-۵ و ۱-۶، مدار آزمایشگاهی این دو آرایش را نشان می دهند.

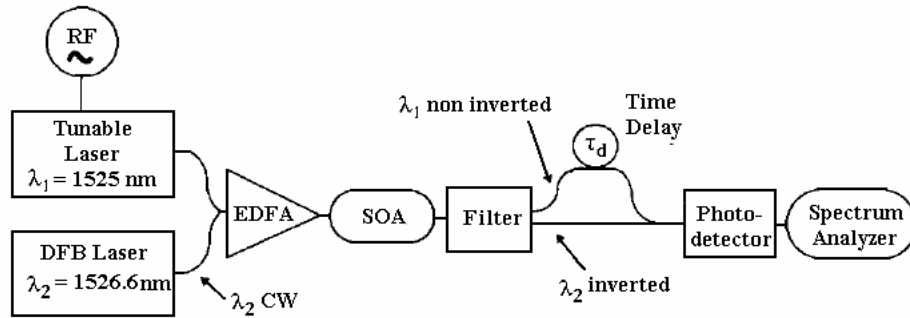


شکل ۱-۵ شماتیک فیلتر تمام نوری با استفاده از معکوس نمودن دامنه در SOA .

¹ Semiconductor Optical Amplifier

² Cross-gain modulation

³ Probe signal



شکل ۶-۱ شماتیک فیلتر تمام نوری با استفاده از معکوس نمودن دامنه در SOA.

ساختار دیگری نیز در سال ۲۰۰۰ توسط X. Wang *et al.* ارائه شد که در آن وارونه سازی سیگنال بر اساس اثر تخلیه حامل در دیود لیزری فابری-پروت^۱ صورت می گرفت [۱۱]. این ساختار شامل یک دیود لیزری قابل تنظیم، دیود لیزری فابری-پروت و پنج عدد FBG^۲ سری شده است و در آن تپ های دو قطبی با استفاده از تکنیک مدولاسیون شدت مقطعی^۳ مدهای طولی لیزر فابری-پروت بدست می آیند. مدار آزمایشگاهی این فیلتر در شکل ۷-۱ نشان داده شده است.

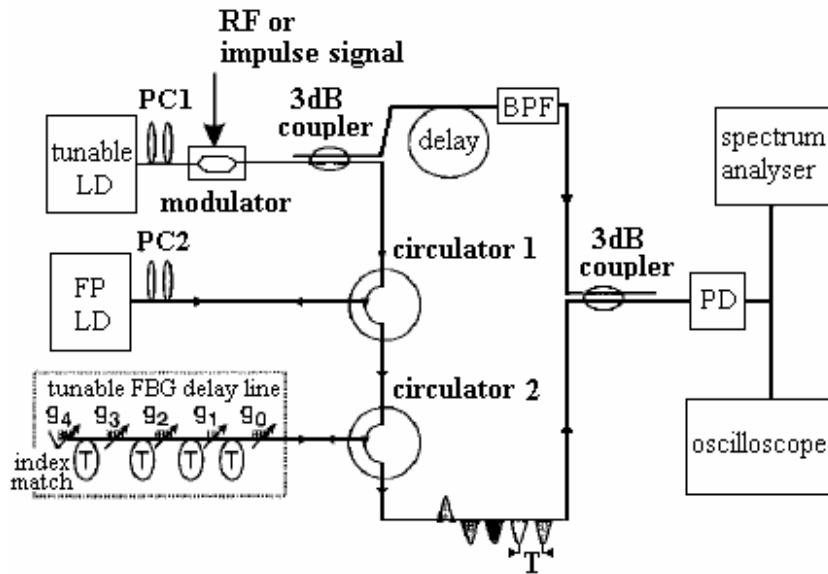
بطور مشابه، در سال ۲۰۰۰ ساختار دیگری توسط Shenping Li *et al.* در رژیم غیر همدوس ارائه شد که در آن فیلتری با تپ منفی قابل تنظیم، و بر اساس لیزرهای DFB^۴ و فیبرهای FBG انعکاس بالا بررسی شده است [۱۲]. در این فیلتر تأخیر زمانی قابل تغییر از طریق سری نمودن چند FBG انعکاس بالا، فراهم می شود. قابل تنظیم بودن فیلتر نیز از طریق تنظیم FBG دیگری حاصل می شود. تپ های منفی غیر همدوس نیز از طریق اثر تخلیه حامل در دیود لیزری DFB محقق می شوند. مدار آزمایشگاهی این فیلتر در شکل ۸-۱ نشان داده شده است.

¹ Fabry-Perot

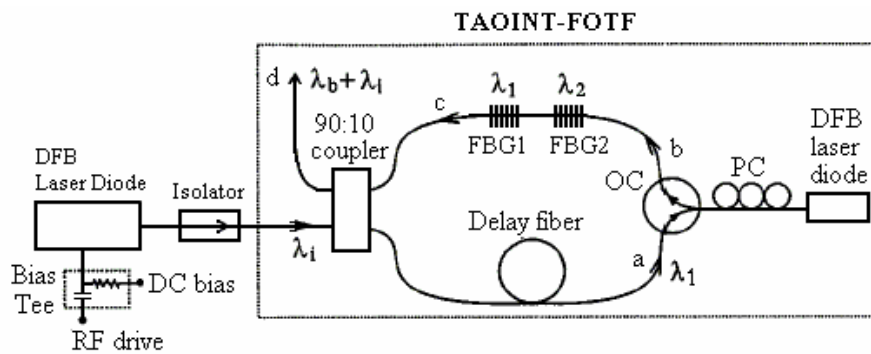
² Fiber Bragg Gratings

³ Cross-intensity modulation

⁴ Distributed-FeedBack



شکل ۷-۱ ساختار فیلتر Bipolar FODL تمام نوری و قابل تنظیم.



شکل ۸-۱ شماتیک فیلتر TAOINT-FOTF.

در آرایشهای اپتیکی که گفته شد، پیاده سازی آزمایشگاهی پیچیده بوده و به المانهای اکتیو نیاز دارند، همچنین در آنها رنج تنظیم محدود بوده و اجازه می دهند تنها فیلترهایی با دو تب منفی پیاده سازی شوند.

بنابراین، برای رفع این مشکلها ساختار دیگری در سال ۲۰۰۳ توسط Capmany *et al.* ارائه شد [۱۳]. در این ساختار که در رژیم غیر همدوس کار می کند از المانهای پسیو استفاده شده و ضرایب منفی با ارسال منبع