



دانشگاه شاهرود

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: الکترونیک

عنوان:

تقویت کننده های نوری نیمه هادی

استاد راهنما:

دکتر حبیب الله زلفخانی

نگارش:

سمیه جهان بین

تیر ۸۷

چکیده

هدف از این پایان نامه معرفی و بررسی ویژگیهای تقویت کننده های نوری نیمه هادی می باشد. با افزایش کاربرد نور به ویژه در مخابرات نوری، استفاده از قطعاتی همچون تقویت کننده های نوری هر روز گسترش می یابد. این قطعات دارای نقش مهمی در مخابرات فواصل دور (که تکرار کننده مورد نیاز است) می باشند. یکی از انواع تقویت کننده های نوری، تقویت کننده نوری نیمه هادی می باشد، که در این پایان نامه مورد مطالعه قرار می گیرد.

در فصل اول این پایان نامه، سیستمهای نوری و نقش تقویت کننده های نوری، مطرح می شوند. تاریخچه ای از مخابرات نوری و اجزای مختلف یک سیستم انتقال فیبر نوری و مزایای استفاده از این سیستم، مورد بررسی قرار می گیرند و با بررسی آنها ضرورت تقویت نور بیان می شود. و به دنبال آن تاریخچه تقویت کننده های نوری و انواع آنها بیان می شود و در نهایت تقویت کننده های نوری نیمه هادی که موضوع اصلی این پایان نامه می باشد، به اختصار معرفی می شود.

در فصل دوم، اصول کلی تمام تقویت کننده های نوری مطرح می شود. خواص گین، اشباع، نویز و نسبت S/N تقویت کننده های نوری بحث می شوند و در نهایت شکل های کاربرد آنها در سیستم ارتباطات بیان می شوند.

در فصل سوم، به موضوع اصلی یعنی تقویت کننده های نوری نیمه هادی می رسیم. خصوصیات گین اشباع، با استفاده از روابط ریت بررسی می شوند و عوامل تاثیرگذار بر خصوصیات تقویت بیان می شوند. همچنین، خصوصیات نویز و توان آنها بیان می شوند. سپس به کاربردهای اساسی این تقویت کننده ها در شبکه و کاربردهای غیر خطی تقویت کننده های نوری نیمه هادی و نمونه ای از کاربردهای دیگر آنها، اشاره می گردد.

در فصل بعد با توجه به خصوصیات مطلوب مورد انتظار از تقویت کننده های نوری نیمه هادی و عوامل تاثیرگذار بر روی تقویت، تکنیکهایی برای طراحی و ساخت آنها، ارائه می شود. و در نهایت، اشاره ای به روند تحقیقات در زمینه این نوع تقویت کننده ها در آینده می شود.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

چکیده الف

فصل ۱: سیستمهای نوری و نقش تقویت کننده های نوری ۱

۱-۱- تاریخچه مخابرات نوری ۲

۱-۲- اجزای مختلف یک سیستم انتقال فیبر نوری ۳

۱-۳- مزایای سیستم انتقال فیبر نوری ۴

۱-۴- مشخصه تلفات فیبر نوری و ضرورت تقویت نور ۶

۱-۵- منابع نوری لیزر و دیود LED ۸

۱-۶- تقویت کننده های نوری ۹

۱-۷- تاریخچه تقویت کننده های نوری ۱۰

۱-۸- انواع تقویت کننده های نوری ۱۱

۱-۹- تقویت کننده های نوری نیمه هادی ۱۱

فصل ۲: اصول تقویت کننده های نوری ۱۴

۲-۱- اصول تقویت کننده های نوری ۱۴

۲-۱-۱- اصول عملکرد ۱۴

۲-۱-۲- خواص گین ۱۶

۲-۱-۳- خواص اشباع ۱۷

۲-۱-۳-۱- رفتار اساسی ۱۸

۲-۱-۳-۲- اشباع در سیستم چهار سطحی ۱۹

۲۱	۲-۱-۳-۳-اشباع در یک سیستم سه سطحی
۲۳	۲-۱-۳-۴-افزایش توان خروجی اشباع
۲۴	۲-۱-۴-خواص پاسخ (عرض باند و انحراف)
۲۴	۲-۱-۴-۱-خصوصیات پاسخ - چگالی معکوس
۲۵	۲-۱-۴-۲-پاسخ به یک شکل موج نور مدوله شده
۲۶	۲-۱-۴-۳-مثالهای عملی
۲۶	۲-۲-خصوصیات نویز تقویت کننده های نوری
۲۷	۲-۲-۱-اصول اساسی
۲۷	۲-۲-۱-۱-تعداد فوتون ناشی از نوسان
۳۰	۲-۲-۱-۲-نسبت S/N
۳۱	۲-۲-۲-خصوصیات تقویت نویز
۳۱	۲-۲-۲-۱-زمانی که $G=1$
۳۲	۲-۲-۲-۲-زمانی که $G \gg 1$
۳۲	۲-۲-۳-شکل نویز
۳۴	۲-۲-۴-نسبت S/N در انتقال تکرار کننده های IR
۳۶	۲-۳-شکل های کاربرد در سیستم ارتباطات
۳۷	۲-۴-انواع مختلف تقویت کننده های نوری
۳۹	فصل سوم: تقویت کننده های نوری نیمه هادی
۳۹	۳-۱-انواع تقویت کننده لیزر نیمه هادی
۴۰	۳-۲-خواص گین در تقویت کننده های لیزر نیمه هادی

۴۰ ۳-۲-۱-اصول اساسی

۴۰ ۳-۲-۱-انتشار گین مشابه

۴۰ ۳-۲-۱-طیف گین

۴۱ ۳-۲-۱-روابط سرعت

۴۳ ۳-۲-۲-گین سیگنال کوچک

۴۳ ۳-۲-۲-وابستگی پلاریزاسیون

۴۴ ۳-۲-۲-آثار تشدید

۴۵ ۳-۲-۳-اشباع گین

۴۵ ۳-۲-۳-گین سیگنال تحت اشباع

۴۶ ۳-۲-۳-فاکتورهای معین کننده اشباع

۴۷ ۳-۳-۲-اصلاح خصوصیات اشباع

۴۷ ۳-۲-۴-خصوصیات موقتی تشدید

۴۷ ۳-۲-۴-ناحیه غیر اشباع

۴۸ ۳-۲-۴-ناحیه اشباع

۵۰ ۳-۳-خصوصیات نویز

۵۱ ۳-۳-۱-توان نشر خودبخودی

۵۱ ۳-۳-۱-یک تقویت کننده موج سیار ایده آل

۵۲ ۳-۳-۲-آثار تشدید

۵۵ ۳-۳-۲-خواص نویز

۵۵ ۳-۲-۱-چگالی طیف توان نوسان سیگنال

۵۸	۳-۲-۲-فاکتورهای تعیین کننده خصوصیات نويز.....
۵۸	۳-۴-خصوصیات تقویت معمول.....
۵۸	۳-۴-۱-گین اشباع دو طرفه.....
۵۹	۳-۴-۲-مخلوط کردن چهار موج.....
۶۳	۳-۵-کاربرد این تقویت کننده ها.....
۶۳	۳-۵-۱-کاربردهای اساسی در شبکه.....
۶۴	۳-۵-۱-۱-تقویت کننده بوستر.....
۶۴	۳-۵-۱-۲-پیش تقویت کننده.....
۶۵	۳-۵-۱-۳-تقویت کننده خط.....
۶۵	۳-۵-۱-۴-آزمایش انتقال.....
۶۶	۳-۵-۲-تقویت کننده های نوری نیمه هادی غیر خطی.....
۶۶	۳-۵-۲-۱-مدولاسیون گین.....
۶۷	۳-۵-۲-۲-مدولاسیون فاز.....
۶۸	۳-۵-۲-۳-مخلوط کردن چهار موجی.....
۶۸	۳-۵-۳-اشاره ای به دیگر کاربردها.....
۷۰	فصل ۴: تقویت کننده های لیزر نیمه هادی - تکنیکهای طراحی و ساخت.....
۷۰	۴-۱-تکنیکهایی برای کاهش وابستگی پلاریزاسیون.....
۷۰	۴-۱-۱-تقویت کننده های نوری و پلاریزاسیون.....
۷۱	۴-۱-۲-راههای کاهش وابستگی پلاریزاسیون.....
۷۱	۴-۱-۲-۱-کاهش وابستگی پلاریزاسیون توسط شکل هیبریدتقویت کننده های نوری.....

۷۲	۴-۱-۲-۲-کاهش وابستگی قطبش به وسیله افزایش ضخامت لایه فعال.....
۷۳	۴-۲-تکنیکهای ضد بازتاب.....
۷۳	۴-۲-۱-بازتاب و آثار تشدید.....
۷۴	۴-۲-۲-راههای کاهش بازتاب.....
۷۴	۴-۲-۲-۱-پوشش ضد بازتاب.....
۷۵	۴-۲-۲-۲-ساختار موجبر زاویه ای.....
۷۶	۴-۲-۲-۳-ساختار پنجره ای.....
۷۶	۴-۳-ادوات نیمه هادی.....
۷۷	۴-۳-۱-مواد نیمه هادی.....
۷۹	۴-۴-شمایی کلی از نحوه عملکرد.....
۸۲	فصل ۵ : نتیجه و پیشنهادات.....
۸۲	۵-۱-رویکرد آینده.....
۸۳	۵-۲-پیشنهادات.....
۸۴	مراجع.....

فصل ۱

سیستم‌های نوری و نقش تقویت کننده های نوری

با کشف الکترون زندگی انسان دچار تحولات شدیدی شد، اما الکترون محدودیت‌هایی از جمله سرعت نیز داشت. فوتون و اپتیک در قرن بیستم علم را به شدت تحت تاثیر قرار داد. تمام

قطعات تا به امروز مرتبط با الکترون بوده و اکنون تمایل به فوتون دارند و به شدت ساختار ابزارها به سمت استفاده از فوتون پیش می رود. در حال حاضر بخش قابل ملاحظه‌ای از الکترونیک به استفاده از فوتون تخصیص داده شده است و قطعاتی مانند لیزرها، مشیزهای نوری و شبکه‌های

نوری در سیستم‌های مخابراتی مورد توجه قرار گرفته اند. زیرساخت‌های شبکه مخابرات نوری بستر فیبر بوده و درصد زیادی از قطعات الکترونیکی در آن موجود است. فرایند نوری شدن در

سالهای آینده سرعت خواهد گرفت. گذار از سیستم‌های الکترونیکی به سیستم‌های نوری اجتناب ناپذیر است، چرا که ویژگیهای سیستم‌های نوری نظیر سرعت، دقت، کیفیت، ظرفیت بالا، ضریب اطمینان بسیار بالا و هزینه کم، کارایی بالایی را ارائه می نمایند. گذار به شبکه‌های نسل

آینده (NGN) تحول شبکه مخابراتی را به سمت سیستم‌های نوری پیش می برد. واضح است که در هر سیستم مخابراتی با مفاهیم میدانهای الکترومغناطیسی، مدارات فرکانس بالا

و پردازش سیگنال سرکار داریم. اما وقتی که تحقق عملی قطعات و سیستم‌های مخابراتی مطرح می شود، مخابرات با مدارات الکترونیک در آمیخته می شود و هر دو باید در کنار هم مورد بررسی قرار گیرد. مخابرات و الکترونیک بر مبنای مفاهیم الکتریکی پاسخ گوی نیازهای بشری در عصر ارتباطات

و اطلاعات نیست. سرعت بالای تولید، پردازش، ذخیره و به ویژه انتقال اطلاعات از ضرورت‌های زندگی امروزی شده است. سیستم‌های موجود به لحاظ انتقال (مخابرات) و پردازش (الکترونیک)، تحول برای همگامی با علم و فناوری را تجربه می کنند. اولین تحول اساسی استفاده از فیبر نوری

برای انتقال انرژی و اطلاعات است. فیبر نوری امروزه بخاطر عرض باند فوق العاده زیاد (سرعت انتقال بالا) و اتلاف کم، بعنوان جایگزین بسیار مناسبی برای محیط‌های انتقال سیمی و فضا در آمده

است. وقتی محیط فیبر برای انتقال فراهم شود طبیعی است که اطلاعات نیز با آن باید تطبیق داشته باشند. به عبارت دیگر اطلاعات الکتریکی باید بصورت نوری در آید. اگر اطلاعات بعد از تمام پردازشها بصورت نور در آید بخاطر سرعت پائین پردازش ادوات الکترونیکی، مشکل سرعت به

صورت کامل حل نخواهد شد. برای حل این مشکل تلاشهای گسترده ای برای جایگزینی قطعات و

سیستمهای الکترونیکی به نوری در حال انجام است. بطور کلی می توان گفت تحقیقات و پژوهشهای بسیاری برای به کار گیری قطعات نوری در حال انجام است تا تبدیل سیگنالهای

الکترونیکی به نوری و برعکس حداقل گردد و تا آنجائی که ممکن است پردازشها نیز با نوری نور به عمل آید.

۱-۱ - تاریخچه مخابرات نوری

در طول سال های گذشته، شکل های گوناگونی از سیستم های مخابراتی ارائه شده است که علت اصلی پیشرفت، ارسال و انتقال اطلاعات به فاصله های دورتر و افزایش سرعت انتقال و حجم

بیشتری از اطلاعات در واحد زمان که "ظرفیت سیستم" نامیده می شود، بوده است. در سیستم های الکترونیکی، معمولاً انتقال اطلاعات پس از تبدیل سیگنال اطلاعات به یک موج

الکترومغناطیسی که به آن موج حامل می گویند، صورت می گیرد. در این روش حجم اطلاعات قابل ارسال، به فرکانس موج حامل بستگی دارد. هر چه فرکانس موج حامل بیشتر باشد، پهنای باند یا ظرفیت آن بیشتر است.

برای افزایش اطلاعات و همچنین، در اختیار داشتن سرویس های مخابراتی وسیع، باید پهنای باند فرکانسی وسیعی در دسترس بوده و برای افزایش پهنای باند، باید فرکانس افزایش یابد (یعنی طول موج کمتر). طیف امواج نوری بین ۵۰ نانومتر تا ۱۰۰ میکرومتر می باشد که بخشی از آن حدود ۴۰۰

تا ۷۰۰ نانومتر، طیف نور مرئی می باشد. فرکانس امواج نوری بین ۱۰^{۱۲} الی ۱۰^{۱۶} هرتز است. امواج نوری مانند امواج رادیویی در دو محیط انتقال، هوا و موج حامل، قابل استفاده است.

در سال ۱۹۵۸، تئوری تقویت کننده های لیزری ارائه گردید. با این اختراع در سال ۱۹۶۰، منابع تشعشع الکترومغناطیسی همدمی، در دسترس قرار گرفت و باعث گردید تا طیف مرئی قابل استفاده گردد.

با اختراع لیزر و مشاهده اینکه نور منتشره از لیزر شباهت زیادی با امواج الکترومغناطیسی آرسنال از

یک فرستنده رادیویی دارد، فکر استفاده از لیزر برای انتقال اطلاعات به وجود آمد. فرکانس نور لیزر در حد ۱۰^{۱۴} × ۵ هرتز است و ظرفیت اطلاعات آن تقریباً ۱۰ برابر سیستم های مایکروویو معادل ۱۰ میلیون کانال تلویزیونی است. همزمان با پیشرفت تکنولوژی و رفع معایب موجود و

استفاده از طول موج هایی در ناحیه ۱/۳ میکرومتر و ۱/۵ میکرومتر، مطالعات به سمت دستیابی به سیستم های انتقال با ظرفیت بالاتر منجر گردید. طول موج های ۸۵۰، ۱۳۱۰، ۱۵۵۰ نانومتر، به

”پنجره های فیبر“ معروف بوده و در این طول موج ها، کمترین تضعیف را می توان به دست آورد. در سال ۱۹۸۳، فیبرهایی با تضعیف حدود ۰/۲ دسی بل بر کیلومتر در طول موج ۱۵۵۰ نانومتر ساخته

شدند که کمترین تلفات در سیستم مخابراتی می باشند. دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان. فیبر نوری نسبت به تمام محیط های انتقالی شناخته شده، دارای پهنای باند وسیع تر و افت کمتری می باشد. این ها دو مزیت عمده در ارزیابی سیستم های مخابراتی بشمار می روند. فیبر نوری که تا

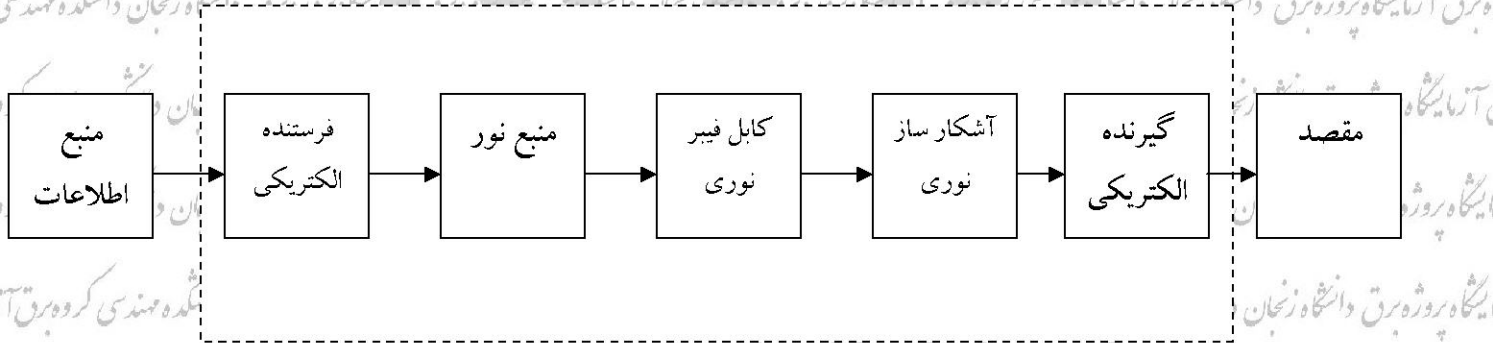
چند سال پیش (سال ۱۹۸۰)، صرفاً جنبه آزمایشگاهی داشت، امروز نه تنها به مرحله تولید و ساخت رسیده بلکه تا پایان سال ۱۹۸۵ در حدود ۱/۵ میلیون کیلومتر کابل نوری در سراسر جهان نصب شده

است. در ایران نیز اولین بار در اوایل سال ۱۳۶۰، فیبر تک مدی به طول ۴۵ کیلومتر بین تهران و کرج با همکاری شرکت زیمنس آلمان، با افت ۰/۳۶ دسی بل بر کیلومتر در طول موج ۱۳۱۰ نانومتر به صورت کانالی کشیده شد. فیبر نوری در زمینه کاربرد زیر دریایی نیز جایگاه ویژه ای دارد، به طوری

که در سال ۱۹۸۸ دو قاره اروپا و آمریکا از طریق فیبر نوری زیر دریایی به هم مربوط شدند. به جرات می توان گفت بشر قرن بیست و یکم، سیستم های مخابرات نوری را به عنوان زیربنای اصلی شبکه مخابراتی جهانی خود تدارک دیده است.

۱-۲- اجزای مختلف یک سیستم انتقال فیبر نوری

شکل ۱ شمای کلی و اجزاء تشکیل دهنده سیستم ارتباط فیبر نوری را می بینید:



شکل ۱-۲ سیستم انتقال فیبر نوری

در سیستم ارتباط نوری منبع خیر، سیگنال های الکتریکی را که همان اخبار می باشد به قسمت الکتریکی فرستنده (ارسال الکتریکی)، می فرستد. این قسمت، منبع نور را به کار انداخته و

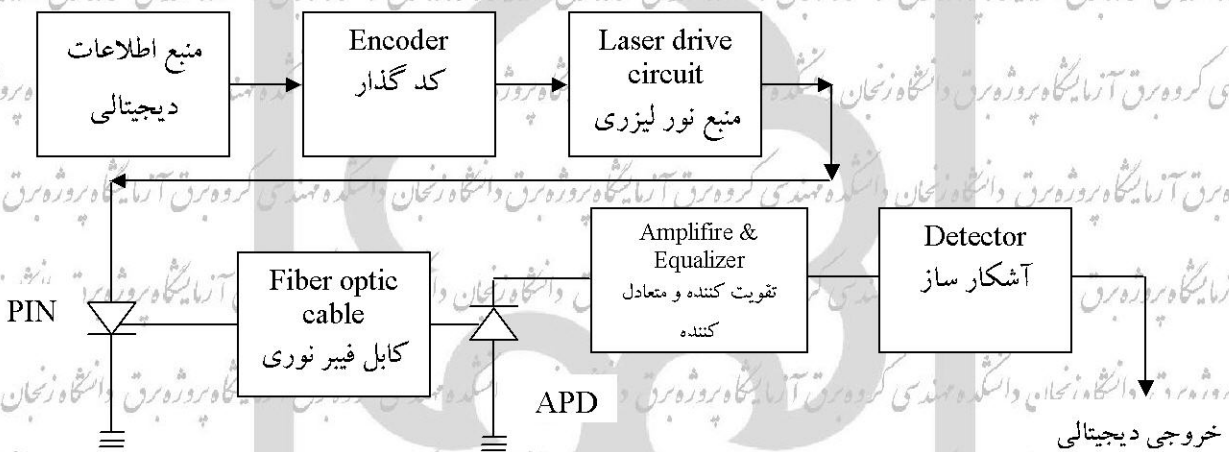
مدولاسیون سیگنال های خبر را بر روی موج نوری باعث می گردد. منبع نور، نوری متناسب با سیگنال های الکتریکی ورودی، یعنی سیگنال نوری خروجی ایجاد می کند که معمولاً لیزر و LED

می باشد. به عبارت دیگر "منبع نور می تواند لیزر و یا LED باشد." سیگنال نوری وارد فیبر نوری شده که برای حفاظت فیبر در مقابل آسیب هایی که ممکن است در موقع نصب و به کارگیری به آن وارد شود آن را با پوشش های مختلف حفاظت کرده و به صورت کابل در می آورند.

کابل نوری، سیگنال نوری را در مقصد و یا در محل تقویت کننده ها به گیرنده می رساند که گیرنده نیز شامل آشکارساز نوری و گیرنده الکتریکی می باشد.

در آشکارساز نوری، سیگنال نوری به سیگنال الکتریکی تبدیل می گردد. برای این تبدیل از فتودیود APD و PIN استفاده می شود. سپس آشکارساز نوری، سیگنال الکتریکی را به گیرنده الکتریکی داده و به این ترتیب، مدولاسیون موج نوری را باعث می شود. در قسمت گیرنده، سیگنال الکتریکی

تا حد لازم جهت قسمتهای بعدی تقویت می شود. در شکل (۲) شمای کلی یک ارتباط، برای انتقال سیگنال دیجیتالی فیبر نوری را مشاهده می کنید.



۱-۳- مزایای سیستم انتقال فیبر نوری

- ۱- پهنای باند بسیار زیاد و در نتیجه ظرفیت انتقال بیشتر. پهنای باند فرکانس موج در این سیستم در محدوده ۱۰ تا ۱۰ هرتز است. فرکانس نور مورد استفاده در این سیستم ارتباطی، نزدیک به فرکانس اشعه مادون قرمز و حدود ۱۰ هرتز یا ۱۰ گیگا می باشد.

۲- تضعیف بسیار کم فیبر نوری از امتیازهای آن به شمار می رود. تضعیف فیبرهای مورد استفاده در حال حاضر حدود 0.2 دسی بل بر کیلومتر می باشد. تضعیف در طول موج های مختلف متفاوت

۳- وزن کم و قطر کوچک:

قطر فیبرها با توجه به نوع آنها متفاوت است. برای فیبر تک مدی، قطر هسته بین 3 الی 12 میکرون و قطر پوشش یا غلاف بین 50 تا 125 میکرون می باشد. اگر یک مقایسه بین فیبر نوری و کابل مسی داشته باشیم، 40 کیلومتر فیبر نوری وزنی معادل 1 کیلوگرم دارد در صورتی که $1/5$ کیلومتر هادی

۴- ایزولاسیون کامل الکتریکی

عدم تأثیر جریانات القایی الکتریکی بر روی موج برهای نوری نیز یکی از خواص مهم فیبر نوری می باشد. میدان های ناشی از کابل های برق، تأثیری بر روی این موجبرها ندارند و می توان خطوط فیبر نوری را در روی دکل های برق نصب کرد و یا از میان هادی های ACSR هوایی عبور داد.

۵- مصونیت در برابر تداخل و همشنوایی

امواج الکترومغناطیس و امواج با فرکانس رادیویی، اثری بر روی کابل های فیبر نوری ندارند، بنابراین سیستم ارتباطات نوری در مقابل محیط آلوده به نویز مصون بوده و علاوه بر این، کابل های فیبر نوری که در مجاور هم هستند نیز، بر روی یکدیگر اثرات القایی ندارند و برخلاف کابل های مسی، پدیده همشنوایی در آنها ناچیز است.

۶- امنیت سیگنال

توزی که از فیبر نوری عبور نمی کند، فاقد پدیده تشعشع بوده و بنابراین اطلاعات ارسالی از طریق فیبر نوری در مسیر انتقال، غیر قابل بهره برداری و استراق سمع می باشد.

۷- فراوانی و ارزان بودن مواد

چون ماده اولیه فیبر شیشه، سیلیکا است لذا آن را در همه جا می توان یافت، زیرا منبع اصلی سیلیکا، سنگ و شن و ماسه است. در نتیجه قیمت کابل های فیبر نوری، بسیار ارزان تر از کابل های مسی

۸- نگهداری آسان

تضعیف کم این نوع کابل‌ها، نیاز کمتری به وجود تکرارکننده‌ها در طول مسیر را به دنبال دارد و در نتیجه تعمیرات آنها ساده‌تر و با هزینه و وقت کمتری انجام پذیر است.

۹- ظرفیت و قابلیت انعطاف

ظرفیت و قابلیت خمش رشته‌های فیبر، تسهیلاتی در امر جا به جایی و انبار نمودن و کابل کشی را به وجود می‌آورد.

۱۰- مصونیت در مقابل عوامل محیطی

فیبرهای نوری در محیط‌های مرطوب و درجه حرارت‌های بین -30 تا $+70$ درجه کارایی خود را از دست نمی‌دهند. گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق

وقتی که کانال ارتباطی الکتریکی باشد قطعات و اجزاء مختلفی در سیستم وجود دارند از جمله آنها می‌توان به: اسلاتور، مبدل آنالوگ به دیجیتال و برعکس، گذر و

دیگدر، مدولاتور و دمدولاتور، میکسر، فیلتر، سوئیچها، تقویت کننده‌ها و اشاره نمود. اگر کانال را با فیبر جایگزین می‌کنیم تا از مزایای آن بهره‌گیریم، برای رسیدن

به سیستم مطلوب قطعات و اجزاء مذکور نیز باید به نوری تبدیل شوند. چنین چشم اندازی زمینه بسیار گسترده‌ای تحت عناوین مختلف از قبیل اپتوالکترونیک، ادوات و

قطعات نوری، اپتیک مجتمع، مخابرات نوری، فوتونیک و برای محققان و طراحان و مهندسان و فناوران گشوده است. در اینجا به جنبه‌های محدودی از تقویت کننده

های نوری خواهیم پرداخت.

۱-۴- مشخصه تلفات فیبر نوری و ضرورت تقویت نور

همانطور که گفته شد عرض باند وسیع و تلفات کمتر، مشخصه بارز فیبر نوری است. ارتباطات

در فواصل طولانی مستلزم داشتن سیستم انتقال با تلفات خیلی پائین می‌باشد. کاهش تلفات و افزایش پهنای باند و سرعت به عنوان دو مشخصه اساسی در سیستمهای مخابراتی آینده اهمیت

زیادی دارد. نظر به اینکه محیط فیبر نوری از مواد و ساختارهای مختلف تشکیل شده است، به طور مشخصه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق

واقعی و در عمل هیچ‌گاه بدون اتلاف نخواهد بود و همیشه با مقداری اتلاف مواجه خواهیم بود. تلاشها بر استفاده از مواد و ساختارها با حداقل تلفات استوار است. اما محدودیت علمی،

تکنولوژیکی، روش ساخت و هزینه و عوامل بسیار دیگری در نهایت به استفاده از فیبر دارای اتلاف منجر می‌شود. ضریب تلفات فیبر بر حسب طول موج به عنوان نمونه در شکل ۱-۳ آمده است.

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

فصل ۵

نتیجه و پیشنهادات

۵-۱- رویکرد آینده

اگرچه بسیار بعید به نظر می آید که فرایند و عملکرد سیگنال نوری همیشه جامع تر و قدرتمندتر از اسکده مندی کرده برای الکترونیک باقی بماند، اما افزایش کاربردهای نوری فواید زیادی در کاربردهای فرایند اطلاعات خواهد داشت.

دستاوردهای عظیمی در تکنولوژی تقویت کننده های نوری نیمه هادی (SOA) یا InP در دهه پیش به دست آمده است. دستاوردهایی در تحقیقات و بسیاری از ابداعات تکنولوژیکی، طراحی

تقویت کننده های نیمه هادی را پیشرفت داده است. اگرچه بسیاری از سیستمهای موج نوری از برای

تقویت کننده های فیبر نوری برای تقویت سیگنال استفاده می کنند، اما SOAها می توانند برای استفاده در بسیاری از ادوات کاربردی و اصلی مناسب باشند. تواناییهای کاربردی و مهمی مانند

تبدیل طول موج، دمولتی پلکس کردن نوری و عناصر منطقی (logic) نوری، می توانند آنها را برای استفاده در تمام شبکه های نوری و سیستمهای مولتی پلکس کننده اختلاف زمانی، مناسب و کارا نمایند.

درخواست و نیاز به ظرفیتهای بالاتر، سبب می شود تا تحقیق در زمینه انتقالات میثنی بر مولتی پلکس کردن اختلاف طول موج (WDM) و مولتی پلکس کردن اختلاف زمانی نوری (OTDM)

که به دمولتی پلکسهای نوری و لیزرهای تنظیم پذیر توان بالا نیاز دارد، به سرعت پیش رواید. یک

زمینه مهمی که در تقویت کننده های نوری برای تحقیق وجود دارد، اینترفرومترهای Michelse یا Mach-Zehnder و تقویت کننده های با توان کم، می باشد.

یک زمینه مهم تحقیقاتی دیگر، ایجاد پیشرفت در کار SOAها در دماهای زیاد می باشد. یک

کاندیدای احتمالی برای ساختن نواحی گین نزدیک به $1.3 \mu\text{m}$ با قابلیت کار خوب در دمای بالا، سیستم با بیس InGaAsN می باشد.

ساختارهای کوانتومی خوب پالایش شده، راههایی را برای ساختن تقویت کننده های مستقل از پلاریزاسیون، بوجود می آورند. تقویت کننده هایی با استفاده از ناحیه فعال فقط کوانتومی، گین و

کند، به وجود می آورد.

در نهایت، بسیاری از دستاوردها در SOA بدون حصول پیشرفت در تکنولوژی تولید مواد، ممکن نخواهد بود. روند پیشرفت تحقیقات جاری در زمینه SOA، به صورت بسیار نزدیکی به روند

پیشرفت مواد که نه تنها نیاز به تحقیق در زمینه سیستمهای ماده ای جدید دارد، بلکه پیشرفتهایی در تکنولوژیهای موجود را نیز نیاز دارد، ارتباط دارد

۲-۵- پیشنهادات

در این پایان نامه، خصوصیات و مشخصات تقویت کننده نوری نیمه هادی و تکنیکهای طراحی و ساخت آن به صورت خیلی کلی و اجمالی مطرح شد. هر یک از این خصوصیات و تکنیکها، می توانند زمینه تحقیقاتی وسیعی باشند. همچنین، انواع کاربردهای این نوع تقویت کننده در سیستمهای ارتباطی مختلف و نحوه به کارگیری آنها نیز، می تواند موضوعی برای تحقیقی گسترده باشد.

مراجع

الف: مقالات؛

[۱] Connelly, Michael, "Semiconductor Optical Amplifiers and their Applications", ۲۰۰۵.

[۲] "The Enhanced Functionalities Of Semiconductor Optical Amplifiers and their Role in Advanced Optical Networking", Application Instruction

InPhenix, Inc., September ۲۰۰۴.

[۳] Dr. Alistair Poustie, "Semiconductor Optical Amplifiers Light Up All-optical signal Processing", CIP Ltd., Reprinted from the August ۲۰۰۷ of

PHOTONIC SPECTRA © laurin publishing.

[۴] Semiconductor Optical Amplifiers

(Edited by) S. Shimada and H. Ishio, (translated by) F.R.D. Apps, "optical Amplifiers and their Applications", John Wiley & Sons, New York,

۱۹۹۴.

[۶] مهندس سید محسن مظلوم، "مهندسی لیزر"، پژوهشکده اپتیک اصفهان، انتشارات سارا،

ج: پایان نامه؛

[۷] نهضتی، نوید، "بررسی و شبیه سازی تقویت کننده نوری نیمه هادی از نوع Index-Guided"