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 ی مهندسی برق گرایش الکترونیک

شبیه سازی سوئیچ های نوری با ساختار توری براگ جهت دار

استاد راهنما:
دکتر محمد مهدی کارخانه چی

نگارش:
رضا حاجیان

ماه:تیر ۸۸

دانشکده فنی مهندسی

گروه برق-الکترونیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی برق گرایش الکترونیک

نام دانشجو:رضا حاجیان

تحت عنوان

پایان نامه کارشناسی ارشد

عنوان پایان نامه

شبیه سازی سوئیچ های نوری با ساختار توری براگ جهت دار

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

۱- استاد راهنمای دکتر محمد مهدی کارخانه چی با مرتبه ی علمی استادیار امضاء

۲- استاد داور داخل گروه دکتر غلامحسین شیئسی با مرتبه ی علمی استادیار امضاء

۴- استاد داور خارج از گروه دکتر محمد رزاقی با مرتبه ی علمی استادیار امضاء

تقدیر وتشکر

برخود لازم می دانم از تمامی اساتید ودوستانی که در طی انجام این پایان نامه همواره مشوق من بودند به خصوص استاد ارجمند جناب اقای دکتر کارخانه چی که با راهنمایی های ارزنده خود راه را بر من هموار کردند تشکر وقدردانی نمایم.

تقدیم

به پدر عزیزم ،شمع پر فروغ وجودم که خود سوخت تا روشنی بخش راه زندگی ام شود. مویش سپیدی گرفت تا رو سپید شوم.سپاسی باشد از دریای بیکران زحماتش.

به مادر فداکارم،این دریای عشق ومحبت ،کوه صبر واستقامت .وجود پاک مقدسی که شمع هستی اش را برای روشنی وجودم افروخته وکسی که همیشه مدیون زحماتش خواهم بود.

چکیده

بخاطر سرعت پایین سوئیچ های الکترونیکی که زمان سوئیچینگ بالا وتلفات انرژی قابل توجه دارند، سوئیچ های نوری کاملا موثر خواهد بود .تغییر درساختار موجبرها(طول وضریب انکسار) به ما اجازه پیاده سازی سوئیچ های نوری را می دهد.در این پروژه ضریب شکست غیر خطی محیط وتاثیر ان روی پاسخ فرکانسی سوئیچ هامورد بررسی قرار می گیرد .همچنین در این پروژه یک ساختار جدید برای محیط موجبر معرفی می کنیم این ساختار به دلیل استفاده از مواد با ضریب شکست های مختلف، رفتار طول موج های مختلف نور هنگام عبور از سوئیچ را برای ما نمایان می سازد.ابتدا ساختارهای مختلف توری براگ راروی سوئیچ مد نظر پیاده سازی کرده وسپس تغییرات مختلف پارامترهای توری براگ روی طیف انعکاس سوئیچ بررسی کرده ودر هرمرحله مقدار بهینه پارامتر مطلوب را ایجاد وبا ادامه این کار پارامترهای توری براگ را بهینه خوهیم کرد.ارتباط مشخصات توری براگ با پهنای باند از دیگر کارهای پروژه است. نهایتا با حل معادلات کوپله و ایجاد مصالحه بین پارامترهای مختلف سیستم، سرعت سوئچینگ وتلفات توان را بهینه خواهیم کرد.

فهرست مطالب

فصل اول:مقدمه

۱ -۱ -مشخصات سوئیچ های نوری

۱-۲ -انواع سوئیچ های نوری

۱-۳-سوئیچ های ضربدر نقطه ای

۱-۴-معیارهای ارزیابی سوئیچ های نوری

فصل دوم:بررسی انواع روش های سوئیچینگ نوری

۲- ۱ -سوئیچ های الکتریکی

۲-۱-۱-مدولاتور های جذب الکتریکی

۲-۲-سوئیچ های الکترونیکی

۲-۲-۱ مدولاتورهای الکترواپتیک

۲ -۲-۲ مدولاتور ماک زیندر

۲ -۲-۳ مدولاتورهای اثر استارک وفرانز کلدیش

۲-۵ -اثر الکترواپتیک خودی

۲-۵-۱ ادوات نوری با دوحالت پایدار

۲-۵-۲ قطعات الکترواپتیک خودی(SEED)

۲ -۵-۳ مدولاتورهای تزریق حامل

۲-۵-۴-مدولاتور کنترلر دوقطبی

۲ -۶-سوئیچ های تمام نوری

۲-۶-۱ انواع روش های ساخت سوئیچ های تمام نوری

۲ -۶-۲ محدودیت های موجود در سوئیچ تمام نوری

۲ -۶-۳ سولیتون های نوری

فصل سوم :موجبرها

۳-۱-موجبرها وتزویج کننده ها

۳-۲-ادوات موج هدایت شونده فعال

۳ -۳-ساختار توری براگ

۳-۱-۱پاسخ طیف انعکاسی توری پراگ

۳-۱-۲-انواع ساختارهای توری براگ

۳ -۱-۳تحلیل ریاضی ساختار متناوب

۳-۴-شاخص های انکسار در مواد چند لایه
فصل چهارم : نتایج شبیه سازی
۴-۱-فلوچارت برنامه
۴-۲-نتایج شبیه سازی پارامترهای توری براگ
۴-۳-نتایج شبیه سازی سوئیچ نوری
فصل پنجم:نتایج وپیشنهادات
منابع ومراجع
ضمیمه ۱:روابط کرامرز کرونیگ
ضمیمه۲: برنامه سوئیچ شبیه سازی شده

فهرست اشکال

شکل(۱-۱) شماتیک یک سیستم مخابرات فیبر نوری نوعی

شکل (۱-۲) روش های مکانیکی کلید زنی پیغام های نوری

شکل (۱-۳-۲).مدولاسیون نوری مجتمع

شکل(۱-۳-۱) نوع دیگر مدولاسیون

شکل (۱-۴)کلید اکوستواپتیک

شکل(۱-۵).طرح یک کلید ضربدری نقطه ای

شکل(۱-۶)طرح تزویج گر جهت دار غیر خطی دو کاناله که شدت نوری وابسته به سوئیچینگ

شکل (۱-۷)- سوئیچ ضربدری نوری همراه با ارایه های تک بعدی از منابع واشکار سازها وارایه سوئیچ دو بعدی

شکل(۲-۱)-شماتیک سوئیچ نوری کنترل شده الکتریکی

شکل(۲-۲) -مدولاتور جذب الکتریکی p-i(MQW)-n زدایشی مسا با هندسه تابش عمودی

شکل (۲-۳)-شماتیک ساختار مدولاتور جذب الکتریکی MQW بر مبنای موج هدایت شونده InP

شکل(۲-۴)-مشخصه های عملی یک مدولاتور GaAs/AlGaAs-MQW از نوع p-i-n

شکل (۲-۵) تداخل سنج غیر خطی ماک-زیندر

شکل(۲-۶) نمونه کلید های تمام نوری به روش ماک-زیندر

شکل(۲-۷)-روش کلید زنی تمام نوری با استفاده از فیبرهای نوری غیر خطی

شکل(۲-۸)-روش کلید زنی تمام نوری به روش تزویج نوری در موجبرهای غیر خطی

شکل(۲-۹)مشخصه ادوات نوری با دوحالت پایدار

شکل(۲-۱۰)طرز عملکرد ادوات دوحالته نوری

شکل(۲-۱۱)تقویت کننده نوری

شکل(۲-۱۲) گیت منطقی نوری"و-AND"

شکل (۲-۱۳) تابع انتقال غیر خطی

شکل(۲-۱۴)منحنی انتقال غیر خطی

شکل(۲-۱۵) شماتیک SEED

شکل (۲-۱۶)دیاگرام باند و مشخصه های ولتاژ-انتقال محاسبه شده مدولاتور BRAQWET

شکل(۲-۱۷)(الف)تشریح شماتیکی ازیک مدولاتور –کنترلرمجتمع و(ب)مدار معادل مربوطه

شکل(۳-۱)یک موجبر متقارن ترکیب کننده Y

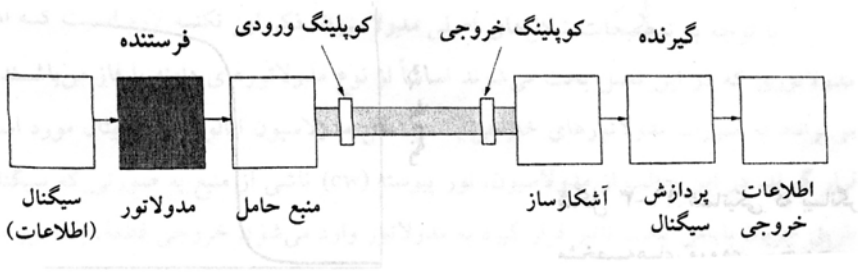
شکل(۳-۲)تقسیم کننده توان بر اساس تزویج کننده های جهت دار وساختاهای Y

شکل(۳-۳)طرح تداخل سنج ماخ-زندر موج هدایت شده با تزویج کننده های ورودی وخروجی db۳
شکل (۳-۴). توری براگ طراحی شده روی موجبر نوری
شکل (۳-۵).توزیع ساختار چند لایه
شکل(۳-۶)ساختار شبیه سازی شده در optowave
شکل (۳- ۷) انعکاس از توری براگ به ازای KL های متفاوت
شکل(۳-۸) مشخصات فیبر نوری توری براگ
شکل (۳-۹)موجبر لایه نازک
شکل(۳-۱۰) ساختار سوئیچ
شکل (۳-۱۰)شماتیک موجبرمورد استفاده در سوئیچ با ساختار فیبر توری براگ
شکل (۳-۱۱)شماتیک موجبرمورد استفاده در سوئیچ با ساختار فیبر توری براگ
شکل(۳-۱۲).میدان الکتریکی داخل موجبر
شکل (۳-۱۳) نمودار ضریب شکست ماده
شکل (۳-۱۴) تابع انتقال سوئیچ نوری
شکل(۳-۱۵)پاسخ گذرای سوئیچ

فصل اول

مقدمه

تلاش های اولیه برای ساخت خطوط مخابرات نوری عملی به دودلیل مهم با کندی مواجه شده بود.یکی فقدان منابع همدوس ودیگری فقدان محیط هدایت مناسب بود.انتقال نور منابع همدوس از طریق اتمسفر شدیدا توسط وضعیت اتمسفر تحت تاثیر قرار می گیرد واین امر خود ممکن است باعث ایجاد یک وضعیت نامناسب ویا اینکه تغییر موج با زمان گردد.کشف لیزر وکابل نوری همه چیز را تغییر داد.این عامل ها(لیزر وفیبر نوری)بترتیب باعث مهیا شدن یک منبع همدوس ویک محیط انتقال مناسب ونیز ضرورت انتقال خط دید از طریق اتمسفر گردیدند.کابل های نوری علاوه بر پهنای باند کافی ،مزایای دیگری همچون تلفات انتقال پایین ،قابلیت دوام بالا،انعطاف پذیری ،عایق الکتریکی خوب وکاهش اثر همشنوایی را دارا می باشد.شماتیک یک سیستم مخابرات کابل نوری در شکل (۱-۱)نشان داده شده است.نقش مدولاتور در این سیستم تغییر شکل دادن اطلاعات (به شکل انالوگ ودیجیتال)ناشی از یک سیگنال موج پیوسته از منبع لیزر یا دیود نوردهنده می باشد.



شکل (۱-۱)شماتیک یک سیستم مخابرات فیبر نوری نوعی

همچنین در یک سیستم انتقال نوری به ادوات سوئیچینگ نوری وادوات منطقی نیاز پیدا می شود.مورد اول در سوئیچ کردن وتعیین سیگنال های مسیر مهم است.در حالی که دومی امکان پذیر بودن جایگزینی ادوات الکترونیکی در محاسبات دیجیتالی را مهیا می کند.

۱-۱-مشخصات کلی سوئیچ های نوری

از انجا که عملکرد یک سوئیچ در یک شبکه مخابراتی ،مالتی پلکس ودی مالتی پلکس کردن جریان بیتی ورودی به کانال های خروجی مناسب می باشد لذا خصوصیات زیر مد نظر است.

الف-اندازه کلید: با این معنا که تعداد ورودی ها وخروجی های ان چند تاست وهمینطور ایا یک سمتی ویا دوسمتی پیغام ها را هدایت می کند.

ب-زمان کلید زنی :یعنی زمان لازم برای تغییر وضعیت از یک حالت به حالت دیگر.

ج-زمان تاخیر در انتشار:با این معنا که زمان لازم برای عبور علائم از سوئیچ چقدر است.

د)حداکثر نرخ اطلاعاتی که بتوان از کلید عبور داد.

ه)انرژی کلید :انرژی لازم برای راه اندازی ویا از کارانداختن کلید

و)تلفات توان:انرژی تلف شده بر واحد زمان در عمل کلید زنی

ز)افت توان:به لحاظ عبور پیغام از اتصالات کلید

ح)همشنوایی:نشت ناخواسته پیغام ها (توان) از یک خط ارتباطی به خطوط دیگر

ط)ابعاد فیزیکی :این عامل زمانی مهم می شود که ارایه ای از سوئیچ ها به تعداد زیاد باید ساخته شود.

ر)تنظیم وعملکرد غیر حساس وغیر بحرانی

ز)قابلیت مجتمع کردن با سیگنال ورودی وخروجی وکنترل

انواع مکانیزم های سیستم سوئیچینگ با توجه به کاربرد انها متفاوت است.نور بر ماده معمولا از طریق کوپلاژ موج الکترومغناطیسی با الکترون ها تاثیر می گذارد بنابراین در قلب هر سوئیچ نوری مفهوم تغییر الکترونیکی غیر خطی در ماده متاثر وجود دارد.

۱-۲-انواع سوئیچ های نوری

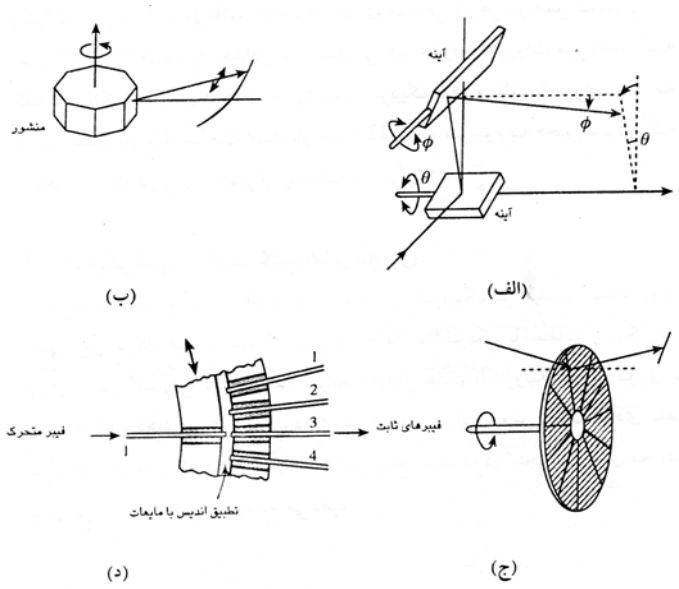
۱-کلیدهای مکانیک نوری

الف-روش مکانیکی اینه های گردان:که ضمن ان چرخیدن اینه های متحرک ،شعاع نوری رادر امتدادهای موردنظر جاروب می کند.

ب-روش مکانیک منشور گردان

ج-روش بکارگیری صفحات تمام نگاربا چرخش به صورت مکانیکی.این صفحه شامل یک توری پراش می شود که تعیین کننده مقدار انحراف نور بر حسب امتداد تابش است

د-فیبرهای نوری با چرخش مکانیکی

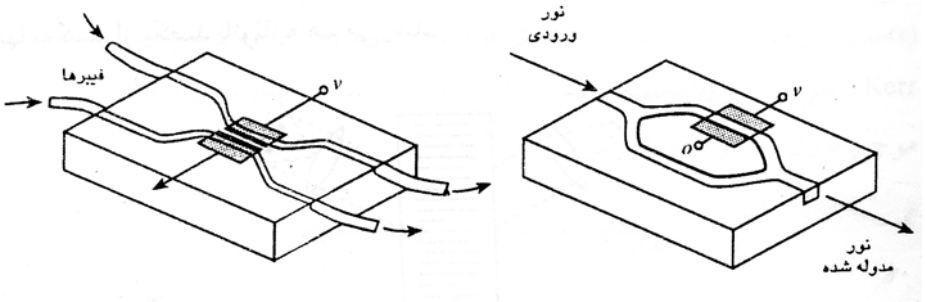


شکل(۱ -۲) روش های مکانیکی کلید زنی پیغام های نوری

نقطه ضعف روش مکانیکی کم بودن سرعت کلید زنی که در حدود یک میلی ثانیه محدود می شود.

۲-کلیدهای الکتریکی –نوری

در این نوع کلیدها از اثرات الکترواپتیک در کنار خواص تزویج نوری بین کانالهای بسیار نزدیک به هم استفاده می شود.شکل(۱-۳-۱) یک نمونه کلید(1×1)نوری که قابل ساخت به صورت مدار مجتمع می باشدرا نشان می دهد که با استفاده ازخاصیت تداخل سنجی Mach-Zennderکار می کند.شکل(۱- ۳-۲)یک کوپلر سمتی (2×2)را نشان می دهد که از ان برای ساخت کلیدهای الکتریکی-نوری به صورت $N\times N$ می توان استفاده به عمل اورد.

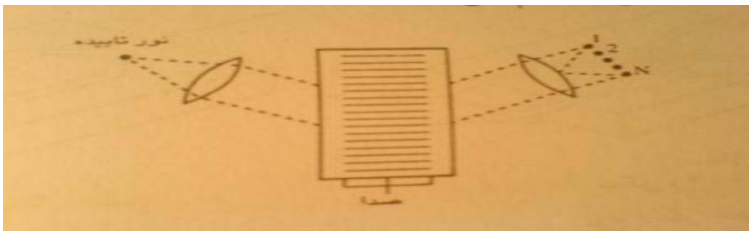


شکل (۱-۳-۱).مدولاسیون نوری مجتمع شکل(۱-۳-۲) نوع دیگر مدولاسیون

با اعمال پتانسیل(V)،عمل تداخل سازنده یا مخرب بین موج های عبوری از دو شاخه موجبر در شکل (۱-۳-۲)انجام می گیرد.همینطور با اعمال پتانسیل V در شکل (۱-۳-۱)جهت تزویج ویا عدم تزویج موج نوری از هریک از شاخه های موجبر می توان استفاده نمود.

کلیدهای اکوستواپتیک یا صوتی-نوری

تعامل امواج مکانیکی با نور درمحیط مناسب ،می تواند منجر به انحراف نور وطبعا ساخت نوع دیگری از کلیدهای نوری گرددشکل (۱-۴)نوعی کلید($1\times N$)را نشان می دهد که با استفاده از اثر اکوستواپتیک قابل ساخت است وقادر است N نقطه را بایک شعاع لیزر جاروب کند.N می تواندبه چند هزار هم برسد ودر حالت کلی امکان ساخت کلید اکوستواپتیک($N\times M$) فراهم می اید.



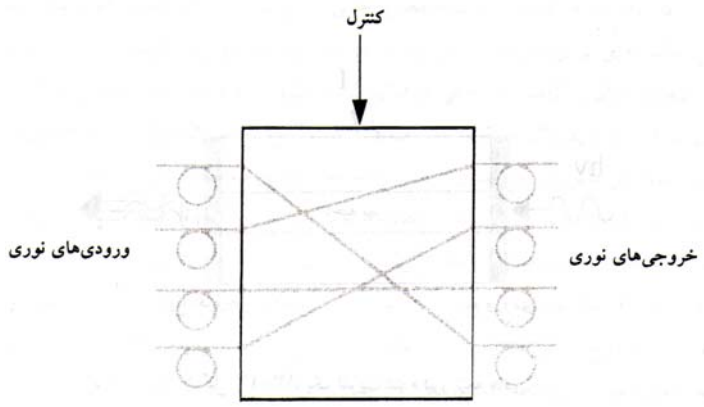
شکل (۱-۴)کلید اکوستواپتیک

کلیدهای مغناطیسی –نوری ویا مگنتواپتیک

این نوع کلیدهای نوری بر اساس چرخش فارادی تحت میدان مغناطیسی (B)کار می کنند.طبق این اثر هرگاه چرخش قطبش بر واحد طول ρ باشد،به ازای اعمال میدان مغناطیسی (B)خواهیم داشت $\theta = \rho \cdot d$ که ضمن ان d عبارتست از طول سلول فارادی .با این روش می توان کلیدهای به تعداد هزاران قطعه را در سلول های کوچک میکرومتری کنار هم ساخت وسرعت عملکرد انها به کمتر از یکصدنانوثانیه هم می رسد.

سوئیچ های ضربدری نقطه ای

برای اتصال تعداد زیادی از مصرف کننده ها در شبکه های دیجیتالی مجتمع ،وبه منظور امکان بازسازی مسیرها ،وجود سوئیچ دارای ظرفیت بالا ضروری است.در واقع یک سوئیچ ضربدری که در شکل (۱-۵) نشان داد ه شده است، یک عنصر لازم برای سوئیچینگ بسته ای در یک شبکه موج نوری WDM می باشد.تزویج کننده ها وتداخل سنج ها (ماخ زندر)را می توان به جای سوئیچ های مزبور به کار برد.جایگزین



شکل(۱-۵).طرح یک کلید ضربدری نقطه ای 4×4

تاثیرات غیر خطی نوری در چاه های کونتومی که جذب قوی اکسیتونی در دمای اتاق مشاهده می شود،افزایش می یابد.با افزایش توان نوری ورودی ،جذب در اثر پوشاندن حامل های تشکیل دهنده اکسیتون ها وتاثیرات هنجار سازی مجدد شکاف باند بطور ناگهانی متوقف می شود.تغییر در جذب با تغییر در ضریب شکست مربوط طبق روابط کرامرز-کرونیگ همراه است.

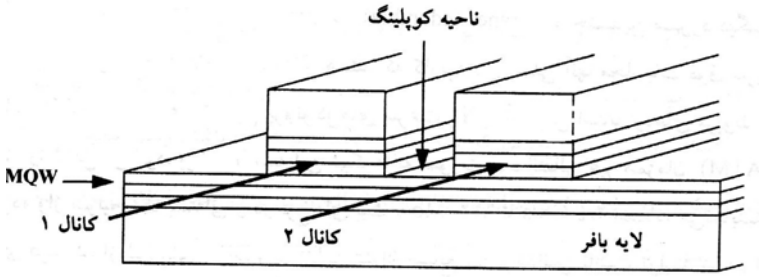
ضریب شکست وابسته به شدت از فرمول زیر بدست می اید:

$$n_r = n_{r0} - n_{r2}\Im \quad (۱-۱)$$

که n_{r0}ضریب شکست توان نوری کم، $\Im$ شدت تابش نور ورودی و n_{r2}ضریب شکست غیر خطی است که به ضریب شکست غیر خطی محیط نیز معروف می باشد. n_{r2}دارای مقدر $\approx 2\times10^{-8}cm^2/W$ برای چاه های کوانتومی $GaAs/AlGaAs$ می باشد.سوئیچینگ فتونیکی را می توان از طریق تزویج کننده جهت دار چاه کوانتومی چند گانه (MQW)دو کاناله ای که در شکل (۱-۶)نشان داده شده است به روش زیر بدست اورد.

انرژی فوتون ورودی باید به اندازه $\approx 10-15meV$ کمتر از قله جذب حفره سنگین باشدتا جذب توان ورودی خیلی زیاد نباشد.

با افزایش شدت ورودی،ضریب شکست هدایتگر ورودی طبق معادله(۱-۱) کاهش پیدا می کند.لذا، نور بیشتری به هدایتگر ۲ تزویج می شود.به عبارت دیگر طول تزویج L_c کاهش می یابد.در یک توان بحرانی معین،برای یک طول کوپلاژ خیلی کوتاه ،تمام توان به داخل هدایتگر خروجی منتقل می شود.بنابراین سوئیچینگ وابسته به شدت ورودی در هدایتگر خروجی بدست می اید.عیب چنین طرحی از سوئیچینگ غیر خطی جذب بالا در هدایتگرهای ورودی وخروجی می باشد.هدایت گرها از مواد با باند شکاف بزرگتر از

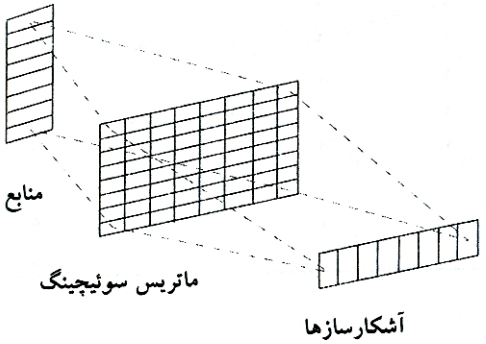


شکل(۱-۶)طرح تزویج گر جهت دار غیر خطی دو کاناله که شدت نوری وابسته به سوئیچینگ را نشان می دهد

۱-٤-معیار های ارزیابی سوئیچ های نوری

تمام سوئیچ ها ذاتا ادوات غیر خطی می باشند.عمکرد غیر خطی در سوئیچ های نوری به دلیل کوپلاژ بین میدان های الکتریکی منتشرشده واجزای باردارشده ماده سوئیچ(مخصوصا الکترون ها)ایجاد می شوند.

سیستم های نوری می توانند مهیا کننده(ترکیبات) موازی بیشمارواتصالات زیاد باشند.فرایند نوری قابلیت تکرار پیکره بندی های اتصالات درونی را داراست.علاوه بر این،اتصالات داخلی نوری قابلیت زیادی برای برنامه ریزی شدن نشان می دهند.به عبارت دیگر ،پرتوهای نوری می توانند از منابع خاص به اشکارسازهای خاص هدایت شوند.این عمل را می توان بوسیله سوئیچ ضربدری نشان داده شده در شکل (۱-۵)انجام داد.در این ساختار تمام ورودی های ممکن به تمام خروجی های ممکن از طریق ارایه سوئیچ دوبعدی متصل می شوند.هر لیرز از ارایه منبع تک بعدی می تواند یک ستون کامل از ارایه دوبعدی را روشن نماید.هر اشکارساز از ارایه اشکارساز تک بعدی می تواند یک سطر کامل از ارایه دوبعدی را دریافت کند.



شکل (۱-۷)سوئیچ ضربدری نوری همراه با ارایه های تک بعدی از منابع واشکارسازها وارایه سوئیچ دو بعدی

پارامترهای عملکردی مهم در یک قطعه سوئیچینگ ،زمان سوئیچینگ (یا سرعت)وانرژی سوئیچینگ می باشد.توان سوئیچینگ بوسیله تقسیم انرژی سوئیچینگ بر زمان سوئیچینگ بدست می اید.سرعت اصلی عملکرد در ادوات دوقطبی بوسیله حاصلضرب پهنای باند در بهره محدود می شود.

فصل دوم

روشهای سوئیچینگ

۳-۱-سوئیچ های کنترل شده بطور الکتریکی

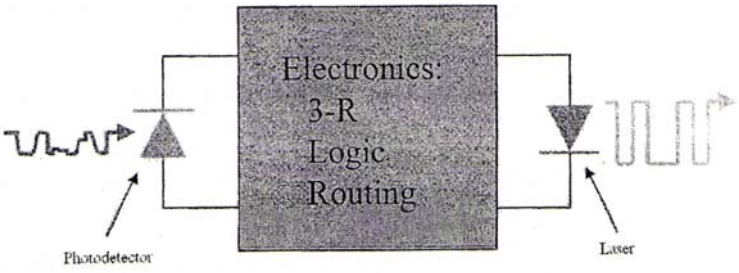
اصول عملکرد این ادوات تبدیل داده های نوری به بیت های الکترونیکی ودوباره تبدیل انها به داده های نوری می باشد که جریان های بیتی توسط انها سوئیچ شده ومسیر دهی می گردند.

سوئیچ های الکتریکی شامل سه قسمت می باشند که عبارتند از

۱-یک فرستنده داده های نوری ورودی که انها را به سیگنال الکتریکی تبدیل می کند که معمولا از یک فتو دیود p-i-n یا فتودیود بهمنی استفاده می شود.

۲-مدار الکترونیکی که پردازش اطلاعات ومسیر دهی انها را امکان پذیر می سازد.

۳-گیرنده، که سیگنال الکترونیکی نهایی را به دیتای نوری تبدیل می کند.



شکل(۲-۱)شماتیک سوئیچ نوری کنترل شده الکتریکی

نور ورودی از طریق یک فتودیود جذب شده وسیگنال الکتریکی حاصل به طور الکترونیکی مورد پردازش قرار می گیرد.از طریق لیزر یا مدولاتور خارجی این سیگنال نهایی ارسال می شود.

یکی ازدلایل استفاده وسیع ازسوئیچ های الکتریکی ایجاد سوئیچ هوشمند از طریق منطق الکترونیکی است. ایجاد این ویژگی در سوئیچ های الکتریکی به راحتی امکان پذیر است چرا که سیگنال در طی پروسه تبدیل تماما الکترونیکی می باشد با استفاده از لاجیک الکترونیکی ،دوباره شکل دادن پالس،اصلاح دامنه ان ودوباره زمان بندی کردن سیگنال الکترونیکی (۳R) قابل انتقال به دیتای خروجی است. علاوه بر این دیتا تا زمانی که به شکل الکترونیکی است میتواند TDM(مالتی پلکس یا دی مالتی پلکس زمانی)شود به شرطی که لیزر مناسبی در هر طول موج ویا هر موقعیت مکانی قابل دسترس باشد این مزایا موجب افزایش قیمت وسیله می شود.سوئیچ های الکتریکی با سرعت مدار الکترونیکی ونرخی که دیتای خروجی می تواند مدوله شود محدود می شود نرخ سوئیچینگ نوعی بین GHZ ۱۰-۱بوده ومدارات بگونه ای طراحی شده اند که فقط در یک نرخ تک بیتی کار کند نرخ بیت ارسال شده نیز با چرب واقع شده روی دیتای خروجی مخصوصا اگر لیزرها مستقیما مدوله شوند ممکن است محدود گردد .به علاوه سوئیچ های الکتریکی ،فقط اطلاعاتی که به شکل دیجیتالی ومدوله شده با شدت باشند سوئیچ می کنند وبا شکل دیتای داد شده کار خواهند کرد .