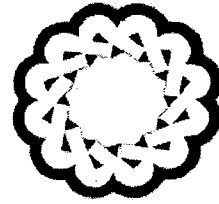
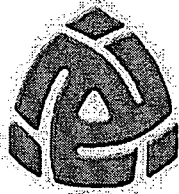


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

١٤٧٣



مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفت و علوم محیطی  
International Center For Science & high  
Technology and Environmental Sciences

دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان  
دانشکده علوم پایه  
گروه فیزیک

## پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی فیزیک گرایش لیزر

سوئیچینگ تمام نوری با استفاده از ساختار SCISSOR دو کاناله در نیمه هادی و  
مواد چلکوجناید

استاد راهنما:

دکتر عبدالناصر ذاکری

استاد مشاور:

دکتر مجید تراز

پژوهشگر:

محبوبه رحمانیان

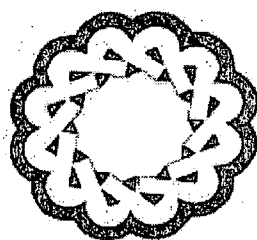
۱۳۸۹/۴/۱۲

تسلیه داک

شهریورماه/۱۳۸۷

۱۴۷۳۱۲

کلیه حقوق مادی مرتبط بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های  
ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه  
ولی عصر (عج) رفسنجان و مرکز بین‌المللی علوم  
و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی است.



دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

دانشکده‌ی علوم پایه

گروه فیزیک

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی فیزیک خانم محبوبه رحمانیان

تحت عنوان:

سوئیچینگ تمام نوری با استفاده از ساختار SCISSOR دوکاناله در نیمه‌هادی و مواد

چلکوجناید

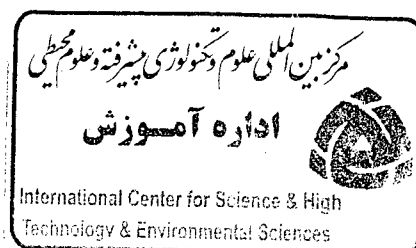
در تاریخ ۸۷/۷/۸ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه ... *بجا* ... به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای ۱ پایان نامه آقای دکتر عبدالناصر ذاکری با مرتبه‌ی علمی استاد امضاء

۲- استاد مشاور پایان‌نامه آقای دکتر مجید تراز با مرتبه‌ی استادیار امضاء

۴- داور خارج از گروه آقای دکتر علی‌رضا کشاورز با مرتبه‌ی علمی استادیار امضاء

۵- داور داخل گروه آقای دکتر حسن رنجبرعسکری با مرتبه‌ی علمی استادیار امضاء



## تشکر و قدردانی

تشکر می‌کنم خدای مهربانی را که توفیق کسب علم به من داد تا بتوانم بیشتر لطف و مهربانیش را در آفرینش کاینات دریابم و بیش از پیش خود را بنده حقیری در برابر عظمت او حس کنم. با سپاس از همه اساتیدی که در آموختن و پیمودن راه علم و دانایی همراه و راهنمای من بوده‌اند،

بویژه:

استاد فرزانه گرانقدر جناب آقای دکتر ذاکری

که با درایت کامل در انجام این پایان نامه راهنما و روشنگر من بوده‌اند. همچنین از زحمات کسانی که مرا یاری کردند و لطفشان را دریغ نکردند خصوصاً استاد گرامی جناب آقای دکتر محسن حاتمی تشکر می‌نمایم. از داوران بزرگوار، جناب آقای دکتر حسن رنجبر عسکری و جناب آقای دکتر علیرضا کشاورز که قبول زحمت فرمودند کمال تشکر را دارم.

تقدیم به :

پدر و مادر عزیزتر از جانم که وامدار همیشگی محبت‌های آنهایم.

تقدیم به :

همسفری که در راه تحصیل و زندگی همدلی را مفهوم دوباره بخشید.

## چکیده

سوئیچینگ یا کلیدزنی یک عمل اساسی در شبکه‌های مخابراتی، کامپیوترهای رقمی و سیستم‌های پردازش سیگنال است. گسترش سریع سیستم‌های مخابرات نوری با نرخ بالای انتقال اطلاعات و نیاز به پردازشگرها و حسابرهای نوری با سرعت فوق سریع، طراحی و توسعه سوئیچ‌ها و عناصر حافظه نوری را گریز ناپذیر می‌کند. پتانسیل زیاد میکرومشدهای حلقوی در سیستم‌ها جهت استفاده در ارتباطات و محاسبات اپتیکی و خصوصیات منحصر بفرد این ابزار از جمله کوچک بودن، نیاز به انرژی ورودی کم و ... باعث جذابیت‌های زیاد تحقیقاتی شده است. از جمله کاربردهای فراوان یکی از انواع میکروحلقه‌ها به نام SCISSOR دو کاناله می‌توان به سوئیچ‌ها فیلترهای نوری، عناصر منطقی نظیر AND, NAND, OR و دیودهای منطقی نوری اشاره کرد. در این پایان نامه به بررسی سوئیچینگ در ساختار SCISSOR دو کاناله پرداخته‌ایم. اخیراً مواد چلکوجناید به دلیل ضریب شکست غیر خطی چند صد برابر شیشه سیلیکا، پاسخ زمانی فوق سریع و قابلیت مجتمع سازی برای ساخت سوئیچ‌های تمام نوری و جذب بسیار کم یا بدون جذب در محدوده طول موج‌های مخابراتی مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند. به علت خواص خوب این مواد به بررسی سوئیچ در این مواد پرداخته‌ایم. با شبیه سازی انتشار پالس در ساختار ذکر شده و به دست آوردن معادلات حاکم بر آنها، اثر سوئیچینگ را در ساختار کوتاه با دو حلقه و سه حلقه مورد بررسی قرار داده ایم و با مقایسه این اثر در دو نوع ماده نیمه‌هادی و چلکوجناید نشان داده‌ایم که اثر سوئیچینگ خوب در مواد نیمه‌هادی در سه حلقه اتفاق می‌افتد. این در حالی است که این سوئیچ با تقریباً همان انرژی را می‌توان در دو حلقه برای مواد چلکوجناید مشاهده کرد. علاوه بر آن یکی از نتایج حاصل از معادلات حاکم بر این ابزار را با نتایج روش تکرار مورد مقایسه قرار داده‌ایم که کاملاً از نظر کیفی و کمی مورد تأیید است. همچنین برای بهتر و ایده‌آل کردن سوئیچ با تغییر فاصله بین حلقه‌ها و پهنای پالس ورودی مناسب‌ترین فاصله حلقه‌ها و پهنای پالس را به دست آورده‌ایم. ضمن اینکه برای حالت خطی سیستم روش بسط فوریه را ارائه داده‌ایم. که رفتار پالس در دو موجبر مستقیم با سرعت و دقت بسیار بالاتر از روش‌های عددی چون روش تکرار به دست می‌دهد.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
ث	فهرست شکل‌ها
ذ	فهرست جدول‌ها
۲	فصل اول: مقدمه
۶	فصل دوم: بررسی میکرومشدهای حلقوی
۷	۱-۲ ساختار میکروحلقه
۷	۱-۱-۲ مقدمه
۸	۲-۱-۲ تعریف میکروحلقه
۱۰	۳-۱-۲ فرمول‌بندی ریاضی
۱۳	۲-۲ معرفی چند ساختار از میکروحلقه‌ها
۱۳	۱-۲-۲ ساختار <i>CROW</i>
۱۳	۲-۲-۲ ساختار <i>SCISSOR</i> یکی کاناله
۱۴	۳-۲-۲ ساختار <i>SCISSOR</i> دو کاناله
۱۶	۴-۲-۲ ساختار <i>SCISSOR</i> دوکاناله دوتایی
۱۷	۳-۲ پارامترهای مهم در میکروحلقه
۱۷	۱-۳-۲ افزایش میدان
۱۸	۲-۳-۲ جفت‌شدگی بحرانی
۱۹	۳-۳-۲ پهنای باند تشدید:
۲۰	۴-۳-۲ ضریب ظرافت کاواک



۲۱	۲-۳-۵ طول عمر کاواک
۲۲	۲-۳-۶ فاکتور مرغوبیت کاواک
۲۲	۲-۳-۷ فاز مؤثر
۲۴	۲-۳-۸ تاخیر گروه
۲۵	۲-۴ رابطه‌ی پراکندگی در ساختار SCISSOR دو کاناله
۲۹	<b>فصل سوم: بررسی اثرات غیرخطی در میکرو حلقه</b>
۳۰	۳-۱ اپتیک غیرخطی
۳۰	۳-۱-۱ مقدمه
۳۱	۳-۱-۲ محیط خطی و غیرخطی
۳۴	۳-۲ معادله موج غیرخطی
۳۵	۳-۳ آثار و پدیده‌های غیرخطی
۳۵	۳-۳-۱ آثار گرمایی
۳۶	۳-۳-۲ اثر کر
۳۶	۳-۳-۳ جذب دوفوتونی:
۳۸	۳-۳-۴ تولید هارمونیک مرتبه دوم:
۳۹	۳-۳-۵ تولید جمع و تفاضل فرکانسی:
۴۰	۳-۴ آستانه سوئیچینگ:
۴۳	۳-۵ آشکار شدن اثر سوئیچینگ با استفاده از القای جذب دوفوتونی
۵۲	۳-۶ خواص غیرخطی برخی مواد
۵۲	۳-۶-۱ خواص غیرخطی شیشه‌های چلکوجناید و سوئیچینگ در این مواد:
۵۴	۳-۶-۲ خواص نیمه هادیها:
۵۶	<b>فصل چهارم: اثر سوئیچینگ</b>
۵۷	۴-۱ اثر سوئیچینگ
۵۷	۴-۱-۱ مقدمه

۵۸	۴-۱-۲ مدل لورنتزی ضرایب عبور وانعکاس
۶۴	۴-۱-۳ معادلات حاکم بر ساختار SCISSOR دو کاناله
۸۰	۴-۲ روش تکرار
۸۲	۴-۳ روش بسط فوریه
۸۵	فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات برای ادامه کار
۸۸	فهرست منابع

## فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۸	شکل (۱-۲): شمایی از یک میکرو حلقه با یک موجبر مستقیم
۹	شکل (۲-۲): میکرو حلقه جفت شده به یک موجبر مستقیم در حالت (الف) جفت شدگی عمودی و (ب) جفت شدگی جانبی
۱۰	شکل (۳-۲): شدت میدان درون حلقه و خروجی از موجبر مستقیم بر حسب طول موج
۱۱	شکل (۴-۲): میدان‌ها در یک میکرو مشدد حلقوی تمام گذر
۱۳	شکل (۵-۲): ساختمان یک crow
۱۴	شکل (۶-۲): ساختمان یک SCISSOR یک کاناله
۱۵	شکل (۷-۲): ساختمان یک SCISSOR دو کاناله
۱۵	شکل (۸-۲): شمایی از ساختمان و عملکرد یک add/drop
۱۷	شکل (۹-۲): (الف) نمایی کلی از یک ساختار SCISSOR دو کاناله دوتایی (ب) نمایش میدان‌ها در این ساختار
۱۸	شکل (۱۰-۲): انباشتگی میدان بر حسب ضریب جفت شدگی برای مقادیر مختلف افت $a = \sqrt{1-k^2}$ (a) $a = 0.96$ , (b) $a = 0.98$ , (c) $a = 0.99$ , (d) $a = \sqrt{1-k^2}$
۱۹	شکل (۱۱-۲): انباشتگی میدان و دامنه میدان عبوری برای یک حلقه با جفت شدگی بحرانی
۲۳	شکل (۱۲-۲): تغییرات فاز مؤثر میدان عبوری بر حسب فاز یک دور کامل برای مقادیر مختلف ضریب جفت شدگی
۲۵	شکل (۱۳-۲): میکرو حلقه جفت شده به دو موجبر و میدان‌های درون آن
۲۷	شکل (۱۴-۲): گاف های انرژی یک سیستم SCISSOR دو کاناله, خصوصیات سیستم: $L = 1.5\mu m$ , $R = 2.5\mu m$ , $n = 3.1$ با قدرت تزویج بالا ( $k^2 = 0.75$ ) و ظرافت پایین [۲۰]
۲۸	شکل (۱۵-۲): گاف های انرژی یک سیستم SCISSOR دو کاناله, خصوصیات سیستم: $L = 1.5\mu m$ , $R = 2.5\mu m$ , $n = 3.1$ با قدرت تزویج کم ( $k^2 = 0.1814$ ) و ظرافت بالا [۲۰]

- شکل (۳-۱): رابطه میدان الکتریکی و پلاریزاسیون الف-در محیط غیرخطی ب-در محیط خطی ۳۲
- شکل (۳-۲): نمایش پدیده جذب دو فوتونی ۳۷
- شکل (۳-۳): الف- تولید هارمونیک دوم ب-دیاگرام ترازهای انرژی ۳۹
- شکل (۳-۴): نمودار عبور بر حسب تغییرات فاز(-) و  $dT/d\phi$  بر حسب تغییرات فاز(--). ۴۱
- شکل (۳-۵): نمودار تغییرات شدت درون حلقه و شدت ورودی و خروجی بر حسب تغییرات زمان ۴۵
- شکل (۳-۶): نتایج شبیه سازی برهم کنش پمپ-پروب (a) سیگنال پروب خارج از تشدید (b) ۴۶
- سیگنال پروب در حالت تشدید و (--). شدت پمپ را نشان می دهد
- شکل (۳-۷): نتایج آزمایش شده برای شدت ورودی پمپ، شدت خروجی پمپ و ۴۷
- شدت خروجی پروب وقتی که (a) طول موج پروب در ابتدا خارج از تشدید است و
- (b) طول موج پروب در ابتدا بر تشدید منطبق است
- شکل (۳-۸): نمودار سه بعدی تغییرات شدت خروجی پرتو کاوشگر بر حسب تغییرات طول موج ۴۸
- و زمان
- شکل (۳-۹): اندازه گیری ها (خط پر) و نمودارهای سازگار شده (خط چین) خروجی ۵۰
- موجبر بالا در تشدید حدود  $1543.4 \text{ nm}$
- شکل (۳-۱۰): نتایج اندازه گیری خروجی موجبر بالا با تغییر طول موج ۵۱
- شکل (۳-۱۱): نتایج شبیه سازی شدت پرتو خروجی موجبر بالا بر حسب طول موج و زمان ۵۲
- شکل (۴-۱): نمایی از ساختار SCISSOR دو کاناله  $n$  حلقه ای و میدان های ورودی ۵۹
- و خروجی از موجبرهای پایین و بالا (الف) و یک ساختار تک حلقه ای با میدان های
- نشان داده شده در نقاط جفت شدگی (ب)
- شکل (۴-۲): نمودار عبور از موجبر پایین بر حسب طول موج در ساختار دو حلقه (-) ۶۲
- و در ساختار سه حلقه (--). در ماده نیمه هادی
- شکل (۴-۳): نمودار عبور از موجبر پایین بر حسب طول موج در ساختار دو حلقه (-) ۶۲
- و در ساختار سه حلقه (--). در ماده چلکوجناید
- شکل (۴-۴): نمودار سوئیچینگ غیرخطی بر اساس حل معادله دیفرانسیلی کوپل شده در ۶۶
- ساختار دو حلقه (--). و در ساختار سه حلقه (-) با  $d = 16 \mu\text{m}$ ,  $t_0 = 100(\text{ps})$  در نیمه هادی
- شکل (۴-۵): نمودار سوئیچینگ غیرخطی بر اساس حل معادله دیفرانسیلی کوپل شده ۶۷
- در ساختار دو حلقه (-) و در ساختار سه حلقه (--). با  $d = 16 \mu\text{m}$ ,  $t_0 = 100(\text{ps})$  در

چلکوجناید

شکل (۴-۶): نمودار سوئیچینگ غیرخطی در ساختار دو حلقه در نیمه هادی (-) و در ۶۸ چلکوجناید (+ -)

شکل (۴-۷): نمودار سوئیچینگ غیرخطی در ساختار سه حلقه در نیمه هادی (-) و در ۶۹ چلکوجناید (-)

شکل (۴-۸): انرژی خروجی از موجبر پایین بر حسب شدت ورودی در ساختار دو حلقه در نیمه هادی

$$t_0 = 90 ps(---), t_0 = 100 ps (+), t_0 = 160 ps(-), t_0 = 200 ps(...), t_0 = 300 ps(*)$$

شکل (۴-۹): انرژی خروجی از موجبر پایین بر حسب پیک شدت ورودی در ساختار دو حلقه در چلکوجناید

$$t_0 = 90 ps(---), t_0 = 100 ps (+), t_0 = 160 ps(-), t_0 = 200 ps(...), t_0 = 300 ps(*)$$

شکل (۴-۱۰): انرژی خروجی از موجبر پایین بر حسب پیک شدت ورودی در ساختار سه حلقه در نیمه هادی

$$t_0 = 90 ps(-), t_0 = 100 ps (...), t_0 = 160 ps(+), t_0 = 200 ps(*), t_0 = 300 ps(---)$$

شکل (۴-۱۱): انرژی خروجی از موجبر پایین بر حسب پیک شدت ورودی در ساختار سه حلقه در چلکوجناید

$$t_0 = 90 ps(---), t_0 = 100 ps (+), t_0 = 160 ps(-), t_0 = 200 ps(...), t_0 = 300 ps(*)$$

شکل (۴-۱۲): نمودار سوئیچینگ غیرخطی در ساختار دو حلقه در چلکوجناید

$$d = 13 \mu m (---), 14 \mu m (+), 15 \mu m (-), 16 \mu m (...), 17 \mu m (*),$$

شکل (۴-۱۳): نمودار سوئیچینگ غیرخطی در ساختار دو حلقه در نیمه هادی

$$d = 13 \mu m (---), 14 \mu m (+), 15 \mu m (-), 16 \mu m (...), 17 \mu m (*),$$

شکل (۴-۱۴): نمودار سوئیچینگ غیرخطی در ساختار سه حلقه در چلکوجناید

$$d = 13 \mu m (*), 14 \mu m (-), 15 \mu m (...), 16 \mu m (+), 17 \mu m (---),$$

شکل (۴-۱۵): نمودار سوئیچینگ غیرخطی در ساختار سه حلقه در نیمه هادی

$$d = 13 \mu m (*), 14 \mu m (-), 15 \mu m (...), 16 \mu m (+), 17 \mu m (---),$$

شکل (۴-۱۶): شکل پالس حلقه اول (...) و در حلقه دوم (-) برای ساختار دو حلقه ای در

- چلکوجناید با پیک شدت ورودی  $16(MW/cm^2)$
- ۷۵ شکل(۴-۱۷): شکل پالس حلقه اول (...) و در حلقه دوم (-) برای ساختار دو حلقه‌ای در نیمه‌هادی با پیک شدت ورودی  $16(MW/cm^2)$
- ۷۵ شکل(۴-۱۸): شکل پالس درون حلقه اول (...) حلقه دوم (-- و در حلقه سوم (-) در ساختار سه حلقه‌ای برای نیمه‌هادی با پیک شدت ورودی  $16(MW/cm^2)$
- ۷۶ شکل(۴-۱۹): شکل پالس درون حلقه اول (-) حلقه دوم (...) و در حلقه سوم (-- در ساختار سه حلقه‌ای برای چلکوجناید با پیک شدت ورودی  $12(MW/cm^2)$
- ۷۶ شکل(۴-۲۰): شکل پالس خروجی از موجبر پایین (-) پالس درون حلقه سوم (-- و پالس ورودی (...) برای ساختار سه حلقه‌ای در چلکوجناید با پیک شدت ورودی  $12(MW/cm^2)$
- ۷۷ شکل(۴-۲۱): شکل پالس خروجی از موجبر پایین (...) پالس درون حلقه سوم (-- و پالس ورودی
- (-) برای ساختار سه حلقه‌ای در نیمه‌هادی در پیک شدت ورودی  $16(MW/cm^2)$
- ۷۷ شکل(۴-۲۲): شکل پالس خروجی از موجبر پایین (-) پالس درون حلقه دوم (...) و پالس ورودی (\*) برای ساختار دو حلقه‌ای در چلکوجناید در پیک شدت ورودی  $16(MW/cm^2)$
- ۷۸ شکل(۴-۲۳): شکل پالس خروجی از موجبر پایین برای ساختار سه حلقه‌ای در چلکوجناید (...) و در نیمه‌هادی (-) با پیک شدت ورودی  $12(MW/cm^2)$
- ۷۸ شکل(۴-۲۴): شکل پالس خروجی از موجبر پایین برای ساختار دو حلقه‌ای در چلکوجناید (...) و در نیمه‌هادی (-) با پیک شدت ورودی  $16(MW/cm^2)$
- ۷۹ شکل(۴-۲۵): شکل پالس خروجی از موجبر بالا برای ساختار دو حلقه‌ای در چلکوجناید (...) و در نیمه‌هادی (-) با پیک شدت ورودی  $16(MW/cm^2)$
- ۷۹ شکل(۴-۲۶): شکل پالس خروجی از موجبر پایین (-) پالس درون حلقه دوم (...) و پالس ورودی (\*) برای ساختار دو حلقه‌ای در نیمه‌هادی در پیک شدت ورودی  $16(MW/cm^2)$
- ۸۰ شکل(۴-۲۷): عبور بر حسب شدت ورودی در دو حلقه (-) از حل معادلات دیفرانسیلی و (...) از روش تکرار
- ۸۱ شکل(۴-۲۸): رفتار زمانی - مکانی درون حلقه اول در سیستم دو حلقه‌ای در ماده نیمه‌هادی
- ۸۳ شکل(۴-۲۹): شکل پالس خروجی از موجبر پایین (-- و ورودی به سیستم (-) در حالت خطی

برای ساختار دو حلقه‌ای در مواد نیمه‌هادی در پیک شدت ورودی  $1MW/cm^2$   
شکل (۳۰-۴): شکل پالس خروجی از موج‌بر پایین (....) و ورودی به سیستم (-) در حالت خطی  
۸۴  
برای ساختار دو حلقه‌ای در مواد چلکوجناید در پیک شدت ورودی  $1MW/cm^2$

## فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

۵۴

جدول (۱-۳): ضریب شکست خطی و غیرخطی و ضریب جذب دو فوتونی انواع شیشه چلکوجناید در طول موج  $1.55\mu m$



## فصل اول

### مقدمه

## فصل اول

### مقدمه

با توجه به حجم زیاد اطلاعات و نیاز به افزایش سرعت در محاسبات و انتقال اطلاعات، تحولاتی در سال‌های گذشته صورت گرفته که مهمترین آن‌ها ورود فیبرهای نوری به سیستم اتصال اطلاعات است. پدیده انعکاس داخلی که باعث هدایت نور در فیبرهای نوری می‌گردد از سال ۱۸۵۹ شناخته شده بود، گرچه فیبرهای نوری در سال ۱۹۲۰ ساخته شدند [۱-۲] اما استفاده عملی آن‌ها به سال ۱۹۵۰ بر می‌گردد [۳-۴]. قبل از ۱۹۷۰ فیبرهای نوری در پزشکی برای تصویر برداری در فواصل نزدیک استفاده می‌شده اما به علت افت زیاد ( $\sim 1000 \text{ dB/km}$ ) این فیبرها، استفاده برای اهداف ارتباطی غیرممکن بود [۵]. از ۱۹۷۰ به بعد یک تغییر ناگهانی صورت گرفت و افت شیشه‌ها به کمتر از  $20 \text{ dB/m}$  کاهش پیدا کرد. این روند کاهش، افت را به  $0.02 \text{ dB/m}$  در سال ۱۹۷۹ برای طول موج  $1550 \text{ nm}$  رساند [۶]. با استفاده از فیبرهای نوری سرعت و دقت انتقال اطلاعات افزایش یافته است. در حقیقت این تحولی در انتقال اطلاعات از الکتریکی به نوری و یا انتقال از ارسال اطلاعات توسط الکترون به ارسال آن‌ها توسط فوتون است. تحول صورت گرفته معمولاً از الکتریکی به الکترواپتیکی و نهایتاً

به سمت تمام اپتیکی پیش می‌رود و با این تحول انتظار می‌رود برای تطبیق و برابری سرعت‌ها دیگر عناصر الکترونیکی نیز به نمونه نوری آن‌ها با سرعت‌های فوق سریع تبدیل گردد. دلایل زیادی فوتون را برای استفاده در فرآیند اطلاعات عمومی‌تر کرده‌است. به طوری که کوتاهترین پالس‌های اپتیکی به نور فوایدی بهتر از پالس‌های الکتریکی می‌دهند [۱].

از چهل سال پیش که اولین لیزر گازی اختراع شد تاکنون، اختراعات زیادی در زمینه فوتونیک صورت گرفته‌است. با وجود این که اکثر این اختراعات خود دارای عملکرد محدودی می‌باشند اما در حال جایگزینی با اجزای الکترونیکی هستند. تارهای نوری، لیزرهای نیمه هادی و تقویت‌کننده‌های آلاینده به اربیوم از جمله این اختراعات هستند. در سال‌های اخیر بشر به دلیل نیاز به سیستم‌های اپتیکی ارتباطی، تمایل زیادی به سوئیچ‌های تمام اپتیکی داشته است بر خلاف سوئیچ‌های الکتریکی انتقال، سوئیچ‌های فوتونیک برای فرآیندهای خیلی سریع، که به ناحیه THz هم می‌رسد، پیشنهاد ایده‌آلی است.

میکرومشدها ادوات اپتیکی هستند که اخیراً مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند و معمولاً به دو صورت میکروحلقه و میکرو دیسک هستند و به دو روش جانبی و عمودی به موجبر مستقیم جفت می‌شوند. پیشنهاد اولیه ساخت مشددهای حلقوی، مربوط به زمانی است که موجبرهایی به شکل تشدیدگرهای حلقه‌ای اپتیکی، به عنوان کاواک لیزرهای حلقه‌ای<sup>۱</sup> و حسگرها<sup>۲</sup> استفاده شدند، که در سال ۱۹۶۹ توسط مارکاتیلی<sup>۳</sup> این پیشنهاد انجام شد، با این تفاوت که در آن زمان شعاع از مرتبه میلی‌متر و محدوده آزاد طیفی<sup>۴</sup> آن‌ها بسیار کم بود [۷]. بعد از آن در سال ۱۹۸۰ یک میکروحلقه شیشه‌ای نسبتاً بزرگ با شعاع ۴ cm ساخته شد [۸-۹]. اخیراً با پیشرفت‌هایی که در این زمینه صورت گرفته میکروحلقه‌هایی در اندازه‌های ۱۰ میکرون و یا کوچکتر با موادی همچون [۱۰] SiO<sub>2</sub> و [۱۱] GaAs ساخته شده‌است. به طوری که در سال ۱۹۹۷ یک گروه تحقیقاتی، میکرومشدد حلقوی با شعاع ۱۰ میکرومتر پیشنهاد کرد [۱۲]. برای ساخت این میکرومشدد، موجبری با ضریب شکست بالا نیاز بود. در سال ۱۹۹۸ میکرومشدد حلقوی ساخته شد که جنس آن نیمه‌هادی بود و پوسته آن را هوا تشکیل می‌داد. در

<sup>1</sup> Ring Lasers

<sup>2</sup> Sensor

<sup>3</sup> Marcatili

<sup>4</sup> Free Spectral Range (FSR)

میکرو حلقه‌ها به دلیل ضریب شکست بالای مواد سازنده‌ی آن‌ها، بازتاب کلی صورت می‌گیرد و موج بدون نیاز به آینه یا هر نوع منعکس‌کننده دیگری، پس‌خوران مثبت انجام می‌دهد.

از ویژگی‌های منحصر به فرد این ابزار، اندازه کوچک از مرتبه میکرومتر، سرعت بالا و افزایش طول بر هم‌کنش را می‌توان نام برد، به‌طوری‌که این خصوصیات باعث پیدایش اثرات غیرخطی مورد نیاز به دلیل افزایش شدت در حلقه می‌شود که این امر به نوبه خود نیاز به شدت‌های ورودی بالا را کاهش می‌دهد. از این رو پژوهشگران معتقدند که این ابزارها می‌توانند جوابگوی نیازهای مدارهای اپتیکی باشند. در واقع همان نقشی را که ترانزیستور در مدارهای الکتریکی دارد، میکرو حلقه در مدارهای فوتونی ایفا می‌کند.

سادگی بسیار زیاد و شکل این حلقه‌ها باعث شده‌است که بتوان آن‌ها را به تعداد بیشتر از یک موجبر جفت کرد و از آن‌ها به‌عنوان بلوک‌های سازنده سوئیچ‌های نوری، ادوات منطقی نوری، *WDM*، فیلترهای نوری و ... استفاده کرد. به‌عنوان مثال ساختاری با دو کانال جفت شده به تعدادی میکرو حلقه در صورتی که میدان ورودی به هر دو کانال در جهت جلو وارد شود یک عملگر منطقی تمام نوری *AND* خواهد بود. که در مقایسه با این نوع ابزارها که بر پایه توری‌های براگ<sup>۱</sup> هستند دارای مزیت‌هایی است، از جمله این‌که به انرژی بسیار کمتر نیازمندند و دارای ساختاری بسیار کوتاه‌تر از موارد مشابه هستند [۱۳].

در این پایان‌نامه با شبیه‌سازی انتشار پالس در یک سیستم شامل تعدادی میکرو حلقه که از بالا و پایین به دو موجبر مستقیم جفت شده‌است، رفتار کلیدزنی تمام نوری را در دو نوع ماده چلکوجناید  $As_{40}Se_{60}$  و نیمه هادی *AlGaAs* بررسی می‌کنیم.

در فصل ۲ تئوری میکرو حلقه‌های تمام‌گذرنده با یک موجبر در حالت خطی توضیح داده می‌شود و پارامترهای پایه میکرو حلقه تعریف می‌شود و ترکیبات متفاوتی از میکرو حلقه‌ها معرفی می‌گردد.

در فصل ۳ در ابتدا به توصیف اثرات غیرخطی در میکرو حلقه‌ها می‌پردازیم و در قسمت دوم آن مختصری در مورد برخی خواص و کاربردهای شیشه‌های چلکوجناید توضیح داده می‌شود.

---

<sup>۱</sup> Bragg grating