دانشگاه تبریز

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

گروه مهندسی **برق**- الکترونیک

پایاننامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق- الکترونیک

عنوان

طراحی سوئیچ تمام نوری بر اساس شفافیت القائی دوقطبی

استاد راهنما

دکتر علی رستمی

استاد مشاور

دکتر عبدالرحمن نامدار

پژوهشگر

کاوه افتخاری

ماه و سال

شهریور ۱۳۸۸

تقدیر و تشکر

سپاسگزار استاد راهنمای خود، جناب آقای دکتر علی رستمی هستم که درمراحل مختلف دوره کارشناسی ارشد و راهنمایی پایان نامه اینجانب زحمات و مشکلات زیادی را تقبل فرمودند. از استاد مشاورم جناب آقای دکتر عبدالرحمان نامدار صمیمانه قدردانی می نمایم.

لازم می دانم از تک تک اعضای محترم گروه تحقیقاتی اپتیک و فوتونیک، تشکر نمایم که با همکاری صمیمانه و کمک های موثر خود در انجام تحقیقات این پایاننامه اینجانب را یاری نمودند.

همچنین از تمام اعضای فامیل و خانواده، خصوصا" از پدر بزرگوار، مادر صبور به پاس عنایات و الطافشان تشکر ویژه می نمایم. از همکار فرهنگی و همسر مهربان و تلاشگر خود نیز که یار و یاور اینجانب در این دوره تحصیلی بوده، سپاسگزاری می نمایم.

نام خانوادگی دانشجو : افتخاری نام : کاوه

عنوان پایان نامه : طراحی سوئیچ تمام نوری مبتنی بر شفافیت القائی دو قطبی

استاد راهنما : دکتر علی رستمی

استاد مشاور : دکتر عبدالرحمان نامدار

مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد رشته : مهندسی برق – الکترونیک

گرایش : طراحی مدارات مجتمع نوری دانشگاه : تبریز

دانشکده : مهندسی برق و کامپیوتر تاریخ فارغ التحصیلی : ۸۸/۶/۲۱ تعداد صفحه ۱۰۸

کلید واژه ها : سوئیچ تمام نوری، all optical switch، DIT، EIT ، shift stark ، Cavity QED ، کاواک QED، شفافیت القائی دوقطبی

چکیده :

با توجه به افزایش حجم اطلاعات در دنیای امروز، نیاز به انتقال اطلاعات با سرعت بسیار بالا می باشد یکی از راههای انتقال اطلاعات با سرعت بالا، گسترش سیستم های تمام نوری است که بلوک کلید زنی یکی از کلیدهای بسیار مهم در مخابرات اطلاعات تمام نوری می باشد.

شفافیت القائی الکترومغناطیسی یکی از پدیده هایی جالب اندرکنش نور با ماده در سالهای اخیر شناخته می شود. طبق این تئوری اگر یک پرتو لیزری در ماده ای انتشار یابد که فرکانس فوتونها فرکانس تشدید ماده باشد، توسط آن جذب خواهد شد در حالیکه اگر دو پرتو لیزری در همان ماده انتشار یابند، با رعایت شرایطی که کاملا" عملی می باشد، هیچ کدام جذب نخواهند شد. این یک رخداد مهمی در حوزه نور می باشد که یک ماده تاریک را به یک ماده شفاف تبدیل کرده و انتشار نور مستقل از محیط خواهد بود.

با توجه به اینکه در EIT میدان کنترل و سیگنال پروب در یک محیط انتشار می یابند میدان کنترلی

ضریب شکست ماده را برای سیگنال پروب تغییر می دهد در صورتیکه ضریب شکست در مقابل خودش عوض نمیشود بنابراین سرعت گروهی متفاوت بوده واین امر باعث کاهش طول موثر اندرکنش می شود که عیب عمده EIT محسوب میشود.

بااستفاده از کاواک QED و با لحاظ نمودن نانو ذرات در کاواک QED، یعنی با جدا کردن میدان کنترل و سیگنال پروب این عیب برطرف می شودکه به شفافیت القائی دوقطبی معروف است.

در طراحی سوئیچ تمام نوری به روش شفافیت القائی دوقطبی (DIT)، بااستفاده از کاواک QED و با لحاظ نمودن نانو ذرات در کاواک QED سپس باکوپل کردن کاواک از دو طرف به فیبرهای نوری و با اعمال سیگنال پروب به فیبر بالایی وسیگنال کنترلی به کاواک QED تحت شرایط خاصی می توان عمل شفافیت القائی دوقطبی را مهیا و عبور میدان پروب را از فیبر نوری بالائی به فیبر نوری پایینی را میسر میکند.

کاواک QED بیشتر از پنجاه سال قبل توسط پیورسل شروع شده واخیرا توسط وکس و ویکویچ جهت استفاده در شفافیت القائی دوقطبی (DIT) بااستفاده از نانو ذرات، برجسته سازی شد.

در این پایاننامه ابتدا سعی کرده ایم مختصری EIT را بررسی کرده و عیب عمده آنرا ذکرکنیم سپس در مورد کارهای تئوری وتجربی برجسته در زمینه DIT با استفاده ازکاواک QED را ذکر نموده و روشهای معمول در بررسی DIT را بصورت خلاصه مطرح نمائیم. اغلب کارها با استفاده ازDIT بر روی فیلترهای نوری با استفاده از سیستم اتمی دوترازه می باشد.

علیرغم توسعه خوب DIT، طبق مطالعات ما توجه قابل قبولی به طراحی سوئیچ نوری تمام کوانتومی با استفاده از این پدیده صورت نپذیرفته است. به همین دلیل در این پایاننامه سوئیچ نوری تمام کوانتومی با استفاده از ساختار Λ سه ترازه ، سیستم کسکید چهار ترازه و ترکیبی از سه و چهار ترازه را بصورت پنج ترازه مورد بررسی قرار می دهیم.

فهرست مطالب

فهرست شکلها x

مقدمه ۱

فصل اول : بررسی منابع ۳

۱-۱- مرور کلی کارهای انجام یافته ۳

۱-۲- سوئیچ نوری ٤

۱-۲-۱- الکترواپتیکال سوئیچ ٤

۱-۲-۲- آکوستواپتیکال سوئیچ ٤

۱-۲-۲-۱- اثر آکوستیک ٤

۱-۲-۳- ترمووایتیکال سوئیچ ٥

۱-۲-٤- سوئیچ براساس شفافیت القائی الکترومغناطیسی ٦

۱-۳- فرآیندهای همدوس ٦

۱-۳- ۱- نوسانهای رابی ۷

۱-۳-۱ -۱- اثر آتلر تاونس ۸

۱-۳-۱ -۲- اثر اشتارک ۹

۱-۳-۱ -۲- اثر زیمن ۱۰

۱-٤- شفافیت القائی الکترومغناطیسی ۱۰

۱-٤-۱-اساس فیزیکی شفافیت القائی الکترومغناطیسی ۱۱

۱-٤- ۱ -۱- عیب اساسی شفافیت القائی الکترومغناطیسی ۱۳

۱–۵ – شفافیت القائی دوقطبی ۱۳

۱– ۵– ۱– کاواک مشدد ۱٤

۱–۵–۲– بررسی ضریب انعکاس و ضریب انتقال براساس شفافیت القائی دوقطبی ۱٤

۱–۵–۲– ۱– بررسی ضریب انعکاس براساس شفافیت القائی دوقطبی ۱٤

۱–۵–۲– ۲– بررسی ضریب انتقال براساس شفافیت القائی دوقطبی ۱۷

۱–٦ – اصل عدم قطعیت ۲۲

۱–۷ – نوسانگر هارمونیک ۲۳

۱– ۸ – کوانتیزه کردن میدان ۲٤

۱–۹– الکترودینامیک کوانتومی ۲۷

۱–۹– ۱ – تاریخچه نظریه ۲۷

۱ -۹- ۲ – زمینه الکترودینامیک کوانتومی ۲۷

۱- ۹- ۳ –۱ – مبانی نظریه الکترودینامیک کوانتومی ۲۸

۱-۹- ۳– ۲ - نظریه الکترودینامیک کوانتومی در برهمکنش الکترومغناطیسی ۲۹

۱ -۱۰ – کاواک ۲۹

۱ -۱۰ -۱- کاواک الکترودینامیک کوانتومی ۲۹

۱-۱۰- ۱- ۱- اندرکنش اتم با میدان کوانتیزه شده با استفاده از مدل جونز ۳۰

۱-۱۰- ۱- ۱- ۱- رژیم کاری با قدرت کوپلینگ قوی در کاواک QED ۳۳

۱-۱۰- ۱-۱- ۲- رژیم کاری با قدرت کوپلینگ ضعیف در کاواک QED ۳٤

فصل دوم : تئوری و روابط مورد استفاده در شفافیت القائی دوقطبی ۳۵

۲-۱- استخراج رابطه دینامیکی برای کاواک یکطرفه ۳۵

۲-۱- ۲ - استخراج رابطه دینامیکی برای کاواک دو طرفه ۳۸

۲ -۲ - طراحی سوئیچ تمام نوری کوانتومی بر اساس شفافیت القائی دوقطبی ٤۰

۲ -۲-۱- طراحی سوئیچ تمام نوری کوانتومی براساس شفافیت القائی دوقطبی با استفاده

از سیستم اتمی سه ترازه ٤۱

۲- ۲ -۱- ۱- هامیلتونین کل سوئیچ با لحاظ نمودن سیستم اتمی سه ترازه ٤۲

۲ -۲ -۱-۲ - استخراج روابط دینامیکی کل سوئیچ با تزریق سیستم اتمی سه ترازه ٤۳

۲ -۲-۱-۳- استخراج روابط بین ورودی وخروجی سوئیچ با تزریق سیستم اتمی سه ترازه ٤٤

۲ -۳-۱- طراحی سوئیچ تمام نوری کوانتومی بر اساس شفافیت القائی دوقطبی با استفاده

از سیستم اتمی چهار ترازه ٤٦

۲ -۳ -۱ - ۱- هامیلتونین کل سیستم با لحاظ نمودن سیستم اتمی چهار ترازه ٤۷

۲ –۳ –۱- ۲– استخراج روابط دینامیکی کل سوئیچ با تزریق سیستم اتمی چهار ترازه ٤٨

۲–۳ –۱- ۳– استخراج روابط بین ورودی وخروجی سوئیچ با تزریق سیستم اتمی چهار ترازه ٥٠

۲–٤–۱ طراحی سوئیچ تمام نوری کوانتومی بر اساس شفافیت القائی دوقطبی با استفاده

از سیستم اتمی پنج ترازه ٥٢

۱ –٤ –۱ – ۱– هامیلتونین کل سوئیچ با لحاظ نمودن سیستم اتم پنج ترازه ٥٤

۲–=٤ –۱- ۲– استخراج روابط دینامیکی کل سوئیچ با تزریق سیستم اتمی پنج ترازه ٥٥

۲–٤–۱–۳– استخراج روابط بین ورودی وخروجی سوئیچ با تزریق سیستم اتمی پنج ترازه ٥٨

۲–٤–۱–۳–۱– استخراج روابط بین ورودی وخروجی سوئیچ با تزریق سیستم اتمی پنج ترازه ٥٩

۲–٥– چاه پتانسیلی ٦١

۲–٥–۱- معادلهٔ موجی شرودینگر ٦١

۲ –٥ –۱-۱– پله پتانسیلی تک بعدی ٦٢

۲ –٥ –۱-۲– کوانتوم دات ٦٤

فصل سوم: نتایج شبیه سازی و بررسی آنها ٦٥

۳–۱– ضریب پذیرش نور در سیستمهای چند ترازه ٦٦

۳–۲– شبیه سازی سوئیچ های تمام نوری طراحی شده ٦٨

۳–۲–۱– شبیه سازی احتمال انتقال سوئیچ تمام نوری با استفاده از سیستم اتمی سه ترازه برحسبΩ ٦٨

۳-۲-۲- Q. W مورد نظر برای سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی سه ترازه ۷۰

۳-۱-۳- Q. D مورد نظر برای سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی سه ترازه ۷۱

۳-۳- شبیه سازی سوئیچ تمام نوری با استفاده ازسیستم اتمی چهار ترازه ۷۲

۳-۳-۱- شبیه سازی احتمال انتقال سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی چهار ترازه برحسب Ω_2 ۷۲

۳-۳-۲- شبیه سازی احتمال انتقال سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی چهار ترازه برحسب Ω_1 ۷٤

۳-۳-۳- Q. W مورد نظر برای سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی چهارترازه ۷٦

۳-۳-٤- Q. D مورد نظر برای سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی چهار ترازه ۷۷

۳-٤- شبیه سازی سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی پنج ترازه ۷۸

۳-٤-۱- شبیه سازی احتمال انتقال سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی پنج ترازه برحسب Ω_1 ۷۸

۳-٤-۲- شبیه سازی احتمال انتقال سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی پنج ترازه برحسب Ω_2 ۸۰

۳-٤-۳- شبیه سازی احتمال انتقال سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی پنج ترازه برحسب Ω_3 ۸۲

۳-۳-٤- Q. W مورد نظر برای سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی پنج ترازه ۸٤

۳-۳-٥- Q. D مورد نظر برای سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی پنج ترازه ۸٥

۳-٤- نتیجه گیری و پیشنهاد ۸٦

مراجع ۸۷

لیست شکلها

شکل۱- ۱: الف) تغییرات متناوب ضریب شکست در مقایسه با امواج صوتی ب) وضعیت روشن یا خاموش بودن سوئیچ با در نظر گرفتن پایه کنترلی RF

۵

شکل ۱-۲ : الف) تحول زمانی اتم دو ترازه با تابش سینوسی پیوسته بر روی آن. جمعیت از ترازپائین به تراز بالا حرکت می کنند تا زمانیکه تمام اتمها در حالت تحریک شده قرار بگیرند و دوباره بر می گردند. با گذشت زمان این پدیده بصورت سینوسی تکرار می شود. ب) اتم دو ترازه با میدان کوپلینگ ω_c ، فرکانس گذار ω_{12} و عدم تنظیم با گذار Δ_{12}.

۸

شکل ۱-۳ : الف) راه اندازی تجربی آتلر – تاونس ، تراز پائین تر ، $|1>$ ، توسط میدان کوپلینگ قوی ،ω_{12}، شکافته می شود. ب) پروفایل جذب ،دوبلت، میدان پروب با سویپ فرکانسی حول تراز $|1>$.

۹

شکل ۱- ٤ : اگر انرژی فوتون تابیده شده به ماده دقیقا برابر با $h\nu = E2 - E1$ باشد الکترون موجود در ترازهای اتمی مابین ترازها با فرکانس رابی گذر خواهد کرد.

۱۰

شکل ۱- ۵ : سیستم عمومی EIT، طرح لامبدا با میدان پروب با فرکانس ωp و میدان کوپلینگ با فرکانس ω_c. $\Delta_1 = \omega_{31} - \omega_p$ و $\Delta_2 = \omega_{32} - \omega_c$ عدم تنظیم های میدان با تشدیدهای اتمی و Γ_{ik} نرخهای میرایی از حالت $|i>$ به حالت $|k>$ هستند.

۱۱

شکل ۱-٦ : طرحهای سه ترازه (الف) نوع نردبانی و (ب) نوع وی . اینها، بعلت عدم وجود یک حالت تاریک فوق پایدار، EIT را با مفهوم صریح خود نشان نمی دهند.

۱۲

شکل ۱- ۷: طرح لامبدا در پایه پوشیده که دو حالت پوشیده با $|2d>$ و $|3d>$ نشان داده می شوند. تداخل مخرب مابین دامنه های جذب پروب به EIT منجر می شود.

۱۲

شکل ۱-۸ : کاواک کوپل شده به فیبرهای نوری در حضور دو قطبی برای بررسی ضریب انعکاس ونقش دوقطبی در سوئیچ کردن کاواک را نشان میدهد. $\gamma = 6THz$ ، $\kappa = 0.1\ THz$ ، $Q=10000$ که $Q=\omega 0/\kappa$ ضریب کیفیت ، $\tau_2=1GHz$ نرخ میرائی دو قطبی

۱۵

شکل ۱- ۹ : ضریب انعکاس کاواک برای مقادیر متفاوت g ، که با افزایش قدرت کوپلینگ کاواک با دو قطبی کاواک از وضعیت جذب به انعکاس میرود ، $\kappa = 0.1$ THz ، $\gamma = 6$THz ، Q=10000 که $Q=\omega 0/\kappa$ ضریب کیفیت ، τ_2=1GHz نرخ میرائی دو قطبی ۱۶

شکل ۱- ۱۰ : فاز ضریب انعکاس کاواک برای مقادیر متفاوت g که با افزایش قدرت کوپلینگ کاواک با دو قطبی ضریب فاز از π به 0 میرسد که باعث ایجاد ناحیه غیر خطی میشود. ، $\kappa = 0.1$ THz ، $\gamma = 6$THz ، Q=10000 که $Q=\omega_0/\kappa$ ضریب کیفیت ، τ_2=1GHz نرخ میرائی دو قطبی ۱۷

شکل ۱- ۱۱: کاواک کوپل شده به فیبرهای نوری در حضور دوقطبی جهت بررسی ضریب انتقال از فیبر بالائی به فیبر پائینی و نقش دو قطبی در تغییر وضعیت کاواک $\kappa = 0.1$ THz ، $\gamma = 6$THz ، Q=10000 که $Q=\omega_0/\kappa$ ضریب کیفیت ، τ_2=1GHz نرخ میرائی دو قطبی ۱۸

شکل ۱- ۱۲: بررسی نقش دوقطبی و تغییرات قدرت کوپلینگ دوقطبی با کاواک a- ضریب انتقال بدون حضور دوقطبی در کاواک b- ضریب انتقال با حضور دوقطبی در کاواک c- فاز ضریب انتقال $\kappa = 0.1$ THz ، $\gamma = 6$THz ، Q=10000 که $Q=\omega_0/\kappa$ ضریب کیفیت ، τ_2=1GHz نرخ میرائی دو قطبی ۱۹

شکل ۱ – ۱۳: بررسی نقش تغییر عدم تنظیم در جابجائی و تیزی ناحیه ایجاد شده بوسیله DIT در مقایسه با احتمال انتقال. ، $\kappa = 0.1$ THz ، $\gamma = 6$THz ، Q=10000 که $Q=\omega 0/\kappa$ ضریب کیفیت ، τ_2=1GHz نرخ میرائی دو قطبی δ= 0.4 THz ۲۰

شکل ۱ – ۱٤ : اندرکنش اتم با میدان کاواک در حضور دوقطبی با استفاده از مدل جونز برای بدست آوردن هامیلتونین سیستم واندرکنش کاواک با دوقطبی ۳۰

شکل ۱ – ۱۵ : با استفاده از ضریب پیورسل احتمال انتقال سیستم اتمی دو ترازه کوپل شده به کاواک در رژیم کاری با قدرت کوپلینگ بالا، بررسی شده است را نشان می دهد که د ر آن $K = \gamma$ ، $g=4\ \gamma$ و $\Delta = 0$ فرض شده است. ۳٤

شکل ۲- ۱ : کاواک تک مد یک طرفه برای بدست آوردن هامیلتونین کل سیستم با در نظر گرفتن تک ورودی وتک خروجی با ضریب کوپلینگ یکسان مابین فیبرهای نوری و کاواک γ و عملگر داخل کاواک C ۳۵

شکل ۲ – ۲ : کاواک تک مد دو طرفه برای بدست آوردن هامیلتونین کل سیستم با در نظر گرفتن دو ورودی ودو خروجی با ضریب کوپلینگ یکسان مابین فیبرهای نوری و کاواک γ و عملگر داخل کاواک C ۳۸

شکل ۲ – ۳ : کاواک QED کوپل شده به فیبرهای نوری با سیستم اتمی سه ترازه جهت ایجاد شفافیت القائی دوقطبی که میدان پروب در راستای x- y (صفحه فتونیک کریستال) و میدان کنترلی در راستای محور z به سوئیچ اعمال شده است را نشان میدهد. ٤١

شکل ۲ – ٤ : شماتیک انرژی یک سیستم اتمی سه ترازه ای که در آن را ω_1 میدان کنترلی مابین ترازهای <2 ا - < 3ا, و ω_0 میدان کنترلی مابین ترازهای <1 ا- <4 ا را نشان می دهد . ٤٢

شکل ۲ – ٥ : کاواک QED کوپل شده به فیبرهای نوری با سیستم اتمی چهار ترازه جهت ایجاد شفافیت القائی دوقطبی که میدان پروب در راستای x- y (صفحه فتونیک کریستال) و میدان کنترلی در راستای محور z به سوئیچ اعمال شده است را نشان میدهد. ٤٦

شکل ۲ – ٦ : شماتیک انرژی یک سیستم اتمی چهارترازه که در آن راω_1 , ω_2 , میدانهای کنترلی مابین ترازهای <2 ا- < 3 ا , <3 ا- < 4 ا و ω_0 میدان کاواک که مابین ترازهای <1 ا- < 4 ا اعمال شده است رانشان می دهد. ٤٧

شکل ۲ – ۷ : کاواک QED کوپل شده به فیبرهای نوری با سیستم اتمی پنج ترازه جهت ایجاد شفافیت القائی دوقطبی که میدان پروب در راستای x- y (صفحه فتونیک کریستال) و میدان کنترلی در راستای محور z به سوئیچ اعمال شده است را نشان میدهد. ٥٢

شکل ۲– ۸ : شماتیک انرژی یک سیستم اتمی پنج ترازه که در آن را ω_1 , ω_2 , ω_3 میدانهای کنترلی مابین ترازهای$2 \rangle -$ ا , $4 \rangle -$ ا , $3 \rangle -$ ا و $4 \rangle -$ ا و $5 \rangle -$ ا و ω_0 میدان کاواک مابین تراز $1 \rangle -$ ا و $5 \rangle -$ ا رانشان می دهد. ۵۳

شکل ۲– ۹ : سد پتانسل سیستم اتمی سه ترازه با توجه پارامترهای , L= 30 A ، $v_0 = 1.265(ev)$و عرض سد پتانسیل A ۵۰ نشان شده است. ۶۳

شکل ۳–۱ : ضریب پذیرش نوری، ضریب شکست و تلفات نوری برای یک سیستم اتمی سه ترازه لامبدا بر حسب طول موج، الف) بخش موهومی ضریب پذیرش نوری، ب) بخش حقیقی ضریب پذیرش نوری ، پ) تلفات نوری ، ت) ضریب شکست ۶۶

شکل ۳– ۲ - الف) ضریب انتقال سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی سه ترازه دوپینگ شده به کاواک را در مقایسه با فرکانس رابی نشان میدهد.ب) فاز ضریب انتقال سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی سه ترازه تزریق شده به کاواک را در مقایسه با فرکانس رابی نشان میدهد. ۶۹

$$\delta_0 = 0, \delta_{13} = 0, \delta_{23} = 5\,GHz, k = 100GHz, g = 330GHz, \gamma = 6\,THz,$$
$$\Gamma = 1\,GHz, \Omega = 1\,GHz$$

شکل۳– ۳ : تابع موج مورد نظر بعداز حل معادله شرودینگر با توجه به شرایط مرزی ابعاد چاه پتانسیلی ومقادیر ویزه سوئیچ با سیستم اتمی سه ترازه نشان داده شده است. ۷۰

Lw= 15 A , L_{b1}=150 A , L_{b2}=150 A

شکل۳– ٤ : تابع موج مورد نظر بعداز حل معادله شرودینگر با توجه به شرایط مرزی ابعاد کوانتوم دات ومقادیر ویزه سوئیچ با سیستم اتمی سه ترازه نشان داده شده است. ۷۱

L_Q= 34 nm , L_{b1}=60 nm , L_{b2}=60 nm

شکل ۳- ۵ : ضریب انتقال سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی چهار ترازه دوپینگ شده به کاواک را در مقایسه با فرکانس رابی وشکل ب : فاز ضریب انتقال سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی چهار ترازه تزریق شده به کاواک را در مقایسه با فرکانس رابی نشان میدهد. ۷۳

شکل ۳- ٦ : الف : ضریب انتقال سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی چهار ترازه دوپینگ شده به کاواک را در مقایسه با فرکانس رابی و شکل ب : فاز ضریب انتقال سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی چهار ترازه تزریق شده به کاواک را در مقایسه با فرکانس رابی نشان میدهد. ۷۵

$$\delta_0 = 0, \delta_{14} = 0, \delta_{34} = \delta_{23} = 1\,GHz, k = 100\,GHz, g = 330\,GHz, \gamma = 6\,THz,$$
$$\Gamma = 1\,GHz\,, \Omega_2 = 10\,GHz,$$

در شکل۳- ۷ : تابع موج مورد نظر بعداز حل معادله شرودینگر با توجه به شرایط مرزی ابعاد چاه پتانسیلی ومقادیر ویزه سوئیچ با سیستم اتمی چهار ترازه نشان داده شده است. ۷٦

L_w= 17 A , L_{b1}=150 , L_{b2}=150 A

شکل۳- ۸ : تابع موج مورد نظر بعداز حل معادله شرودینگر با توجه به شرایط مرزی ابعاد کوانتوم دات ومقادیر ویزه سوئیچ با سیستم اتمی چهار ترازه نشان داده شده است. ۷۷

L_Q= 37 nm , L_{b1}=60 nm , L_{b2}=60 nm

شکل ۳- ۹ : الف) ضریب انتقال سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی پنج ترازه دوپینگ شده به کاواک را در مقایسه با فرکانس رابی و شکل ب : فاز ضریب انتقال سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی پنج ترازه تزریق شده به کاواک را در مقایسه با فرکانس رابی نشان میدهد. ۷۹

$$\delta_0 = 0, \delta_{15} = 0\ , \delta_{45} = \delta_{34} = \delta_{24} = 1\,GHz, k = 100\,GHz, g = 330\,GHz, \gamma = 6\,THz,$$
$$\Gamma = 1\,GHz\,, \Omega_3 = \Omega_2 = 1\,GHz,$$

شکل ۳- ۱۰ : الف) ضریب انتقال سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی پنج ترازه دوپینگ شده به کاواک را در مقایسه با فرکانس رابی و شکل ب) فاز ضریب انتقال سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی پنج ترازه تزریق شده به کاواک را در مقایسه با فرکانس رابی نشان میدهد. ۸۱

$$\delta_0 = 0, \delta_{15} = 0,\ \delta_{45} = \delta_{34} = \delta_{24} = 1\,GHz, k = 100\,GHz,\ g = 330\,GHz, \gamma = 6\,THz,$$
$$\Gamma = 1\,GHz\,,\ \Omega_1 = \Omega_3 = 1\,GHz,$$

شکل ۳- ۱۱ : الف) ضریب انتقال سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی پنج ترازه دوپینگ شده به کاواک را در مقایسه با فرکانس رابی و شکل ب) فاز ضریب انتقال سوئیچ تمام نوری با سیستم اتمی پنج ترازه تزریق شده به کاواک را در مقایسه با فرکانس رابی نشان میدهد. ۸۳

$$\delta_0 = 0, \delta_{15} = 0\,, \delta_{45} = \delta_{34} = \delta_{24} = 1\,GHz, k = 100\,GHz,\ g = 330\,GHz, \gamma = 6\,THz,$$
$$\Gamma = 1\,GHz\,,\ \Omega_1 = \Omega_2 = 1\,GHz,$$

شکل۳- ۱۲ : تابع موج مورد نظر بعداز حل معادله شرودینگر با توجه به شرایط مرزی ابعاد چاه پتانسیلی ومقادیر ویزه سوئیچ با سیستم اتمی پنج ترازه نشان داده شده است. ۸٤

L_{w1}= 10 A , L_{w1}= 15 A , L_{b1}=150 A , L_{b2}=50 A , L_{b3}=150 A

شکل۳- ۱۳ : تابع موج مورد نظر بعداز حل معادله شرودینگر با توجه به شرایط مرزی ابعاد کوانتوم دات ومقادیر ویزه سوئیچ با سیستم اتمی پنج ترازه نشان داده شده است. ۸۵

L_Q= 34 nm , L_{b1}=60 nm , L_{b2}=60 nm

مقدمه

توسعه و افزایش نیازهای بشری در محاسبات و مخابرات سریع، مهندسین این عرصه را وادار به توسعه وطراحی سیستم های سریع نموده است. یکی از راههای رسیدن به این هدف گسترش سیستم های تمام نوری است ویکی از این بلوک ها، بلوک سوئیچ تمام نوری است.

این سوئیچ ها یکی از کلیدی‌ترین بخش ارتباطات با فیبر نوری در حال حاضر می‌باشند. طراحی و ساخت سوئیچ‌های سریع و یا مصرف انرژی پایین یکی از اهداف این بخش از صنعت است. تا به حال اکثراً سوئیچ‌های فتونیکی (الکترونیکی+ نوری) طراحی شده و استفاده می‌شود که سرعت‌های متوسط و پایین دارند برای پاسخگویی به این نیاز صنعت روش‌های کاملا نوری یکی از آلترناتیوهای موجود بوده و از بین تکنیک‌های مختلف اجرائی، استفاده از محیط‌های غیرخطی سریع (کریستال‌های فتونیکی) بیشترین شانس را به خود اختصاص می‌دهد. به همین دلیل طراحی و شبیه‌سازی سوئیچ نوری مبتنی بر شفافیت القائی دوقطبی با استفاده از اثر غیرخطی کر که در نتیجه شیفت اشتارک حاصل می شود مورد نظر ما است.

توسط یک لیزر شبه تک فام میتوان ما بین حالتهای اتمی، همدوسی القاء کرده وپاسخ نوری یک ماده اتمی را اصلاح کرد که به تداخل کوانتومی در گذارها منجر شده و پاسخ نوری را کنترل می کند. با این روش می توانیم جذب نور را در فرکانس تشدید یک گذار از بین برده و ضریب شکست را اصلاح کنیم که توسط Waksو Vuckovic بنام شفافیت القائی دوقطبی[1] (DIT) معروف شد. اهمیت DIT ناشی از افزایش زیاد ضریب پذیرش غیر خطی ماده بهمراه پاشندگی تیزی در ناحیه طیفی شفافیت القائی است.

ازاولین بررسی کاواک QED[2] پنجاه سال می گذارد که در طی این مدت پژوهشهای مهمی بر روی کاواک QED انجام شده است. اخیرا با لحاظ نمودن نانوذرات خاصیت شفافیت القائی دوقطبی مورد بررسی قرار گرفته است.

بعلت گرایش تکنولوژی به نور حالت جامد و نیمه هادی این حوزه اهمیت زیادی داشته و کاربرد DIT در این حوزه مورد توجه خیلی از محققان قرار گرفته که به صورت خوشبینانه بر روی آن کار می کنند.

1 - Dipole- Induced Transparency
2 - Cavity - Quantum Electrodynamics

از طرف دیگر بعلت اهمیت نور برای استفاده در تکنولوژیهای نانو، اهداف نظامی، مخابرات و بسیاری از حوزه های دیگر، برای طراحی سوئیچ تمام نوری تحقیقات زیادی انجام نیافته وهنوز پیشنهاد قابل تحقق عملی ارائه نشده است. بنابراین هنوز تحقیقات تئوریک برای ارائه ایده عملی در این زمینه ادامه دارد.

توسعه عرصه مهندسی فتونیک و سیستمهای تمام نوری که نوید بخش تحقق شبکه های تمام نوری است ما را بر آن داشته است که به این حوزه، سوئیچ نوری تمام کوانتومی معرفی نمائیم. با توجه به پژوهش انجام شده، سوئیچ نوری تمام کوانتومی بصورت جدی مورد بحث واقع نشده اند که در این پایان نامه با استفاده از نانو ذرات مورد بحث و بررسی قرار می گیرد.

این پایان نامه شامل سه فصل است، که فصل اول بررسی منابع و کارهای انجام یافته بر رویEIT[1] و DIT است. در فصل دوم تئوری و روابط مورد استفاده در شبیه سازی آن در این پایاننامه آورده شده است. فصل سوم هم شامل نتایج شبیه سازی و بررسی نتایج است.

1 - Electromagnetically Induced Transparency

فصل اول

۱-۱- مرور کلی کارهای انجام یافته

امروزه نور با روش‌های مختلف زندگی ما را چنان تحت تاثیر قرار داده است که تا چند دهه‌ی پیش حتی به ذهنمان خطور هم نمی‌کرد. نور در آینده نقش‌های مهم‌تری خواهد یافت. از جمله با فراهم کردن مقدمات انقلاب مخابرات فیبر نوری در جهان شرایطی جدید درکاربرد پزشکی، زیست‌فناوری[1]، حس‌گرهای نوری[2] و سوئیچ زنی تمام نوری[3] ایجاد خواهد کرد.

یکی از مهمترین بلوک های مورد نیاز در آینده شبکه های نوری ، بلوک کلیدزنی نوری با سرعت بسیار بالا و مصرف توان پایین است علت این ادعا قابلیت سوئیچ زنی قطعات تمام نوری در حدود کسری از پیکو ثانیه در مقایسه با قطعات الکترونیکی در حدود کسری از نانو ثانیه است .

علاقه مندی به سوئیچ نوری از اوایل دهه ۱۹۷۰ آغاز شد و در دهه ۱۹۸۰ بعد از انتقال اطلاعات به وسیله فیبر نوری این علاقه مندی بیشتر شد. (پس از اختراع لیزر در سال ۱۹٦۰ میلادی، ایده بکارگیری فیبر نوری برای انتقال اطلاعات شکل گرفت. خبر ساخت اولین فیبر نوری در سال ۱۹٦٦ هم‌زمان در انگلیس و فرانسه با تضعیفی ۱۰۰۰ db/km اعلام شد که عملا در انتقال اطلاعات مخابراتی قابل استفاده نبود تا اینکه در سال ۱۹۷٦ با کوشش فراوان پژوهندگان، تلفات فیبر نوری تولیدی شدیداً کاهش داده شد و به مقداری رسید که قابل ملاحظه با سیم‌های هم‌محور بکاررفته در شبکه مخابرات بود) در دهه ۱۹۹۰ تحقیقات قابل توجهی در زمینه سوئیچ نوری انجام گرفت که سهم بیشتر این تحقیقات در زمینه سوئیچ الکترونیکی ، سوئیچ زنی نوری ، قطعات نوری ، محاسبات نوری و مخابرات نوری می باشد.

در آن زمان قطعات سوئیچ زنی عموما براساس کارکردشان به دو دسته قطعات ارتباطی و قطعات منطقی تقسیم بندی می شدند.اما با پیشرفت تکنولوژی این دسته بندی تغییر کرد و دسته بندی جدیدی بر اساس تکنولوژی ساخت سوئیچ های نوری مطرح شد.

1 - Biotechnology
2- optical sensing
3- All optical switching

۱-۲ - سوئیچ نوری

۱-۲-۱- الکترو اپتیکال سوئیچ

الکترواپتیک[1] عموماً به دستگاه‌های نوری که در آنها پدیده‌های الکتریکی نقش ایفا می‌کنند اشاره دارد.

تاثیرات جانبی بر خواص نوری مواد را اثرات الکترواپتیکی گویند . در این سوئیچ نوری از بستر $LiNbO_3$[2] به علت تلفات کم و امکان ساخت آسان فیبر نوری بر روی آن استفاده می شود[۱] .

تیتانیوم[3] یا به اختصار Ti جهت ایجاد فیبر یا فیبرهای نوری در بستر نفوذ داده شده که تغییرات ضریب شکست به چگالی Ti وابسته است سپس یک لایه اکسید بعنوان بافر روی بستر قرارداده می شود و بعداز آن فلز جهت ایجاد الکترود نشانده می شود که در این نوع سوئیچ ضریب شکست بوسیله ولتاژ اعمالی قابل مدیریت است [٤-۲] .عیب عمده این نوع سوئیچ سرعت بسیارپایین (درحدود میکرو ثانیه) و مصرف توان بالا [٥] به علت ترکیبی بودن سوئیچ در مقایسه با سوئیچ تمام نوری می باشد [۸- ٦] .

۱-۲-۲-آکوستو اپتیکال سوئیچ

۱-۲-۲-۱-اثر آکوستواپتیک[4]

امواج آکوستواپتیکی باعث انقباض و انبساط نقاط مختلف جامد می گردند . در نقاط منقبض شده ضریب شکست افزایش و در نقاط منبسط شده ضریب شکست کاهش می یابد . بنابراین زنجیره ای از نقاط با ضرایب شکست بالا و پایین ایجاد می شود. که با اعمال یک موج صوتی متراکم به بعضی از مواد , یک تغییر متناوب در ضریب شکست آن مواد ایجاد می شود . از آنجاییکه طول موج صوتی تحت عملکرد طول موج نور است ، ماده می تواند مانند یک شبکه (توری) پراشی عمل کند [۱۰- ۹] .

به گونه ای که یک اشعه لیزری ورودی را به چند دسته تقسیم می کند .

در مایعات این اثر بعنوان اثر دبای و در جامدات بعنوان اثر ریمان شناخته شده است[۱۲- ۱۱] .

---

1 - Electro-optics
2- Lithium Niobate : LN
3 - Titanum
4 - aucousto optic