بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه پیام نور

مرکز شیراز

پایان نامه

برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد

رشته فیزیک اتمی و مولکولی

گروه فیزیک

عنوان پایان نامه :

تولید پالس اپتیکی کوتاه با شدت ثابت با استفاده از ترکیب مدولاتور الکترو اپتیکی و مواد غیر خطی

مریم دهقانی

استاد راهنما : دکتر حسین شاه میرزایی

استاد مشاور : دکتر عبدالرسول قرائتی

بهمن ۱۳۹۰

اینجانب **مریم دهقانی** دانشجوی ورودی سال **۱۳۸۷** مقطع کارشناسی ارشد رشته **فیزیک اتمی و مولکولی** گواهی می نمایم چنانچه در پایان نامه خود از فکر ، ایده و نوشته دیگری بهره گرفته ام با نقل قول مستقیم یا غیر مستقیم منبع و ماخذ آن را نیز در جای مناسب ذکر کرده ام . بدیهی است مسئولیت تمامی مطالبی که نقل قول دیگران نباشد بر عهده خویش می دانم و جوابگوی آن خواهم بود. دانشجو تائید می نماید که مطالب مندرج در این پایان نامه نتیجه تحقیقات خودش می باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است .

نام و نام خانوادگی دانشجو **مریم دهقانی**

تاریخ و امضاء

اینجانب **مریم دهقانی** دانشجوی ورودی سال **۱۳۸۷** مقطع کارشناسی ارشد رشته **فیزیک اتمی و مولکولی** گواهی می نمایم چنانچه بر اساس مطالب پایان نامه خود اقدام به انتشار مقاله ، کتاب ، و ... نمایم ضمن مطلع نمودن استاد راهنما ، با نظر ایشان نسبت به نشر مقاله ، کتاب ، و ... و به صورت مشترک و با ذکر نام استاد راهنما مبادرت نمایم .

نام و نام خانوادگی دانشجو **مریم دهقانی**

تاریخ و امضاء

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات ، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه مطعلق به دانشگاه پیام نور می باشد .

بهمن ۱۳۹۰

سپاس و ستایش خدای را جل و جلاله که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار، درفشان. آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را برما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید.

تقدیم به پدر و مادرم :

آنان که آفتاب مهرشان در آستانه قلبم، همچنان پابرجاست و هرگز غروب نخواهد کرد.

سپاسگزاری

خدای را سپاس می‌گویم که با استعانت از حضرتش پس از تلاشی پی‌گیر مراحل تحقیق و نگارش این پایان نامه را به اتمام رساندم. در اینجا بر خود می‌داند که از زحمات بی‌دریغ، تلاش‌های بی‌وقفه و راهنمایی‌های ارزشمند استاد گرامی **جناب آقای دکتر حسین شاه میرزایی** در راستای انجام این پایان نامه تشکر و قدردانی نمایم. و همچنین از زحمات استاد مشاورم **جناب آقای دکتر عبدالرسول قرائتی** صمیمانه تشکر می‌نمایم.

چکیده

تولید تپ اپتیکی کوتاه با شدت ثابت با استفاده از ترکیب مدولاتور الکترواپتیکی و مواد غیر خطی

توسط: مریم دهقانی

امروزه لیزرهای حالت جامد با پالس‌هایی از مرتبه‌ی پیکو ثانیه و کمتر، از اهمیت زیادی در بسیاری از زمینه‌ها از جمله: پزشکی، داروسازی، مخابرات، تبدیل غیرخطی فرکانس، فرآوری مواد وغیره برخوردارند. بطور کلی برای تولید چنین پالس‌هایی از دو روش کیوسویچینگ و قفل‌شدگی مد استفاده می‌گردد، که هر کدام از این روشها، شامل روش فعال و غیرفعال می‌باشد. در این پایان‌نامه، روشی برای تولید تک پالس اپتیکی، در محدوده‌ی پیکوثانیه، فمتوثانیه و کمتر، با استفاده از مدولاتور الکترواپتیکی و مواد غیرخطی در کنار یکدیگر ارائه شده است. در این روش از اثر الکترواپتیکی که یکی از ابزارهای مختلف برای اعمال اطلاعات یا مدوله کردن یک حامل موجی نور است، استفاده می‌شود. در این تحقیق با فرستادن نور به درون سیستم پیشنهاد شده، پالسی با شدت ثابت با استفاده از مدولاتور الکترواپتیکی غیرخطی از جنس سیلیکای ذوب شده با پهنای زمانی $22\times10^{-16}s$ و سپس با عبور این پالس از فیبر اپتیکی غیرخطی ژرمانیوم و توری پراش (ماده پاشنده) پالسی اپتیکی با شدت ثابت و پهنای زمانی $4.06\times10^{-19}s$ تولید می‌شود. بنابراین، از یک منبع نور ابتدا پالسی با شدت ثابت و پهنای پیکوثانیه تولید و سپس با استفاده از تکنیک چیرپ این پالس به پهنای زمانی از مرتبه اتوثانیه فشرده می‌شود. این مدل در هر سیستم دیجیتال اپتیکی که اساس آن ماده غیرخطی است، مفید می‌باشد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : مقدمه ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ کاربردهای لیزرهای فوق سریع ۳

۱-۲-۱ زمان پالس فوق کوتاه ۳

۱-۲-۲ آهنگ تکرار پالس زیاد ۳

۱-۲-۳ طیف پهن ٤

۱-۲-٤ شدت قله بالا ٥

۱-۳ تاریخچه ٥

فصل دوم: انواع نظریه های ایجاد پالس ۸

۲-۱ مقدمه ۹

۲-۲ کیوسوئیچینگ ۹

۲-۲-۱ تئوری کیوسوئیچ ۱۰

۲-۲-۲ کیوسوئیچ‌های مکانیکی ۱۲

۲-۲-۳ کیوسوئیچ‌های الکترواپتیکی ۱٤

۲-۲-٤ کیوسوئیچ‌های اکوستواپتیکی ۱٦

۲-۲-٥ کیوسوئیچ مواد رنگی ۱۸

۲-۳ قفل شدگی مد ۲۰

۲-۳-۱ نظریه قفل شدگی مد ۲۰

۲-٤ سوئیچ‌های اپتوالکترونیکی ۲٤

۲-٥سوئیچ‌های بلور مایع ۲٤

۲-٦سوئیچ‌های مگنتواپتیکی ۲۵
۲-۷ سوپیچ‌های ترمواپتیکی ۲۵

فصل سوم: اپتیک غیرخطی ۲٦
۳-۱ اثر الکترواپتیکی ۲۷
۳-۱-۱ اثر پاکلز (اثر الکترواپتیک خطی) ۲۷
۳-۱-۲ اثر کر (اثر الکترواپتیک مربعی) ۲۸
۳-۲ ضریب شکست $LiNbo_3$ اعمال میدان الکتریکی ۲۹
۳-۳ ابزارهای مدولاتور ۳٤
۳-۳-۱ پیکربندی ابزارها ۳۵
۳-۳-۲ مدولاسیون پارامترهای نوری ۳٦
۳-۳-۳ مدولاسیون فاز ۳۷
۳-۳-٤ مدولاسیون قطبش(تاخیر دینامیکی) ٤۰
۳-۳-۵ مدولاسیون دامنه ٤۳
۳-۳-٦ مدولاسیون فرکانس ٤۷
۳-٤ ضریب شکست وابسته به شدت ٤۹

فصل چهارم: ایجاد پالس بسیار کوتاه اپتیکی با استفاده از مواد اپتیکی غیرخطی ۵۲
٤-۱ استفاده از مواد غیرخطی همسانگرد به منظور سوئیچ کردن اپتیکی ۵۳
٤-۲طرح مجتمع برای تولید یک تک پالس از مرتبه کسری از نانو ثانیه ۵٤
٤-۳ تولید پالس‌های کوتاه اپتیکی از مرتبه کسری از پیکو و فمتو ثانیه با استفاده از مدولاتور الکترواپتیکی خطی و غیرخطی و مواد غیرخطی ۵۷
٤-٤ نتایج مدل ۵۹

فصل پنجم: باریک سازی پالس با استفاده از روش چیرپ ٦۳
۵-۱ توصیف زمانی و طیفی پالس ٦٤
۵-۲ فرکانس لحظه‌ای ٦٤

۵-۳ پالس‌های چیرپ شده ٦٥
۵-۳-۱ پالس‌های گوسی چیرپ شده ٦٥
۵-٤ فیلترهای چیرپ شده ٦٦
۵-٤-۱ فیلترکردن خطی یک پالس اپتیکی ٦٧
۵-٤-۲ فیلتر چیرپ ٦٨
۵-۵ باریک سازی پالس با استفاده از یک مدولاتور فازی مربعی و یک
ماده پاشنده ٦٩
۵-٦ مدولاسیون خود فاز ٧٠
۵-٦-۱ یک طرح تمام اپتیکی برای تولید تک پالس اپتیکی از مرتبه فمتو
و اتو ثانیه ٧١
۵-۷ کنترل شدتی از سیگنال نوری ٧٤
۵-۷-۱ طرح تمام اپتیکی تولید تک پالس کوتاه اپتیکی با شدت ثابت ٧٥

فصل ششم: نتیجه گیری ٧٧
٦-۱ نتیجه گیری ٧٨
٦-۲ ارائه پیشنهادات ٧٩

منابع ٨٠

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ نمایش پارامترهای پالس: الف) پهنای پالس τ_p، آهنگ تکرار پالس υ_R، زمان رفت و برگشت کاواک T_R و شدت قله پالس I_{peak} و ب) پهنای طیف $\Delta\upsilon_p$ ۴

شکل ۲-۱ مراحل شکل گیری یک پالس لیزری کیوسوئیچ شده. در این شکل خروجی لامپ درخش، افت کاواک، وارونی جمعیت و شار فوتون به صورت تابعی از زمان نشان داده شده است. ۱۱

شکل ۲-۲ دیاگرام یک لیزر یاقوت که از کیو سوئیچ منشور چرخان استفاده می‌کند. ۱۳

شکل ۲-۳ کیوسوئیچ الکترواپتیکی که در یک ولتاژ تاخیری الف) چارک موج و ب) نیم موج کار می‌کند. ۱۶

شکل۲-٤ کیوسوئیچ اکوستواپتیک بکار رفته در یک لیزر $Nd:YAG$ دمیده شده است. ۱۷

شکل۲-۵ سیستم لیزری کیو سوئیچ شده با یک جاذب اشباع پذیر. ۱۸

شکل ۲-٦ سیگنال مربوط به یک لیزر مد غیرفعال قفل شده. در گستره فرکانسی(الف) شدت‌های i(v) مدها دارای یک توزیع ریلی حول متوسط گاوسی است و فازها به طور کاتوره‌ای توزیع شده-اند. در گستره زمانی (ب) شدت، دارای مشخصه نویز است. ۲۲

شکل ۲-۷ ساختار سیگنال یک لیزر مد قفل شده‌ی ایده‌آل. شدت‌های طیفی الف) دارای یک توزیع گوسی است، در حالی که فازهای طیفی دقیقاً صفر است. در گستره‌ی زمانی ب) سیگنال یک پالس گوسی تبدیل محدود می‌باشد. ۲۳

شکل ۳-۱ میدان الکتریکی ساکن اعمال شده به ماده الکترواپتیکی که ضریب شکست آن را تغییر می‌دهد. این در عوض اثر ماده را روی نورگذرنده از آن تغییر می‌دهد. بنابراین میدان الکتریکی نور را کنترل می‌کند. ۲۷

شکل ۳-۲ وابستگی ضریب شکست به میدان الکتریکی در الف)یک ماده پاکلز ب) ماده کر. ۲۹

شکل۳-۳ الف) مدولاتور الکترواپتیکی طولی ولتاژ اعمالی موازی با جهت انتشار نور است. ب) مدولاتور عرضی ولتاژ اعمالی عمود بر جهت انتشار نور است. ۳۵

شکل۳-٤ مدولاتور فاز طولی با نور قطبیده در جهت محور اصلی x' جدید است که مدولاسیون ولتاژ اعمال شده است. ۳۸

شکل ۳-۵ مدولاتور قطبش طولی با قطبنده ورودی در امتداد محور اصلی x در زاویه 45° نسبت به محورهای مختل شده x' و y' نشان داده شده است. ٤۰

شکل۳-٦ حالت قطبش، قطبش عمودی خطی ورودی بر حسب طول بلور L یا ولتاژ اعمالی V. تاخیر $\Gamma = \pi$ برای طول معین L_x در تیغه موجی $\lambda/2$ یا ولتاز اعمالی V_x در مدولاتور قطبش الکترواپتیکی. ٤۲

شکل۳-۷ مدولاتور شدت طولی با استفاده از قطبنده ضربدری با قطبنده ورودی در امتداد محور اصلی x . تیغه چارک موج $\lambda/4$ به عنوان بایاس برای تولید مدولاسیون خطی به کار می‌رود. ٤۵

شکل۳-۸ یک مدولاتور شدت نشان داده شده که پیکربندی تداخل سنج ماخ-زندر را با مدولاتور فازی در یک شاخه آن به کار رفته است. ٤٦

شکل۳-۹ مدولاتور فرکانسی با استفاده از مدولاتور فازی با دو جفت الکترود عرضی که با هم ۹۰ درجه اختلاف فاز دارند تا میدان الکتریکی دایروی تولید کنند. ٤۷

شکل٤-۱ طرز کار سیستمی متشکل از یک ماده خطی و غیرخطی. ۵۳

شکل٤-۲ یک طرح مجتمع برای تولید تک پالس از مرتبه‌ی کسری از نانوثانیه. ۵۵

شکل ۵-۱ پالس‌های اپتیکی بالا چیرپ و پایین چیرپ خطی الف) پالس بالاچیرپ فرکانس لحظه‌ای صعودی دارد. ب) پالس پایین چیرپ فرکانس لحظه‌ای نزولی دارد. ٦٦

شکل ۵-۲ فیلتر کردن تابع موج با فیلتر $H(\upsilon)$(در قسمت بالای شکل) معادل است با فیلتر کردن پوش تابع موج با فیلتر $H_e(f) = H(\upsilon_0 + f)$ (در قسمت پایین شکل). ٦۷

شکل ۵-۳باریک سازی پالس با استفاده از مدولاتور فازی مربعی و یک ماده با پاشندگی سرعت گروه. ٦٩

شکل۵-٤ پالس چیرپ شده توسط پراکندگی در طول یک ماده اپتیکی کر غیرخطی. ٧١

شکل ۵-۵ فشردگی پالس با استفاده از ترکیب یک مدولاتور فازی مربعی و یک فیلتر چیرپ. ٧٢

شکل ۵-٦ طرح تمام اپتیکی برای باقیماندن سیگنال در یک سطح شدت ثابت. ٧٥

شکل۵-۷ طرح تمام اپتیکی تولید یک تک پالس کوتاه اپتیکی با شدت ثابت. ٧٦

فهرست جدول‌ها

جدول۳-۱ ماتریس ضرایب الکترواپتیک خطی به شکل ضرب برای همه حالات تقارن بلور. ٣٠

جدول۳-۲ ماتریس ضرایب الکترواپتیک مربعی به شکل ضرب برای همه حالات تقارنی بلور. ٣١

جدول ٤-١ پهنای زمانی پالس تولید شده با استفاده از مدولاتور خطی. ٦٠

جدول ٤-٢ پهنای زمانی پالس تولید شده با استفاده از مدولاتور غیرخطی(شاخه‌های یکسان). ٦١

جدول ٤-٣ پهنای زمانی پالس تولید شده با استفاده از مدولاتور غیرخطی(شاخه‌های نایکسان). ٦٢

جدول ۵-۱ پهنای زمانی پالس تولید شده با استفاده از تکنیک چیرپ. ٧٣

فصل اول

کاربردهای پالس اپتیکی

۱–۱ مقدمه

پردازش اپتیکی به عنوان یک کاندید خوب و بالقوه در پردازش اطلاعات و داده‌ها می‌باشد. در چند دهه-ی اخیر، چندین پردازشگر اطلاعات که تماما اپتیکی‌اند، ارائه شده است [۵-۱]. برای انجام چنین پردازش‌هایی، تکنیک‌های مختلفی استفاده می‌شود. در برخی از آنها، کدگذاری شدت به کار می‌رود، در حالیکه در برخی دیگر کدگذاری قطبش سیگنال اپتیکی، استفاده می‌شود. مواد غیرخطی اپتیکی در سیستم‌های زیادی به کار می‌روند. در چنین سیستم‌هایی، به منظور عملکرد بهتر، شدت سیگنال اپتیکی می‌تواند در یک مقدار ثابت نگه داشته شود [۶]. در سیستم پردازشگر داده‌ها، که به صورت الکترونیکی و یا فوتونیکی هستند، نقش یک پالس منفرد، بسیار با اهمیت است. بطور کلی، این پالس منفرد، برای فعال کردن یک مدار الکترونیکی، اپتو-الکترونیکی و یا یک مدار تمام اپتیکی، لازم است. برای آنکه عملکرد پردازش اطلاعات به صورت کنترل شده‌ی زمانی در محدوده‌ی خاصی ایجاد شود، لازمست که یک تک پالس برای ایجاد سیگنال شروع کننده وجود داشته باشد. در این حالت، توان یک تک پالس بسیار بالا است که می‌تواند مدار را با توانی بسیار بالاتر از توان آستانه‌ی مورد نیاز، به آسانی فعال کند. که به منظور بالاتر بردن توان پالس، می‌توان زمان پالس را بسیار کوتاه‌تر کرد. که این بالاتر بردن کارآیی توان پالس، به وسیله‌ی کیوسوئیچ یا قفل‌شدگی مد و فشردگی پالس تابش لیزر، نیز قابل انجام است. در این تحقیق، روشی برای تولید یک پالس اپتیکی با توان بسیار بالا ارائه داده می‌شود، که این روش در بهبود کار یک مدار اپتیکی مؤثر است.

در این پایان‌نامه برای تولید چنین پالسی، از توانایی مدوله‌سازی اپتیکی مواد غیرخطی، مواد الکترواپتیکی و تکنیک چیرپ[1] استفاده شده است.

[1]. Chirp

۱-۲ کاربردهای لیزرهای فوق سریع

تکنولوژی لیزر فوق سریع در طول دهه گذشته بصورت خیلی سریع، پیشرفت کرده است و همچنان که اطلاعات ما بیشتر می‌شود، کاربردهای این لیزرها هم بیشتر می‌گردد. با تقسیم‌بندی جنبه‌های مختلف لیزرهای فوق کوتاه به چهار قسمت مهم، شکل (۱-۱)، در هر مورد کاربردهای مهم بصورت زیر اشاره می‌گردد:

۱-۲-۱ زمان پالس فوق کوتاه

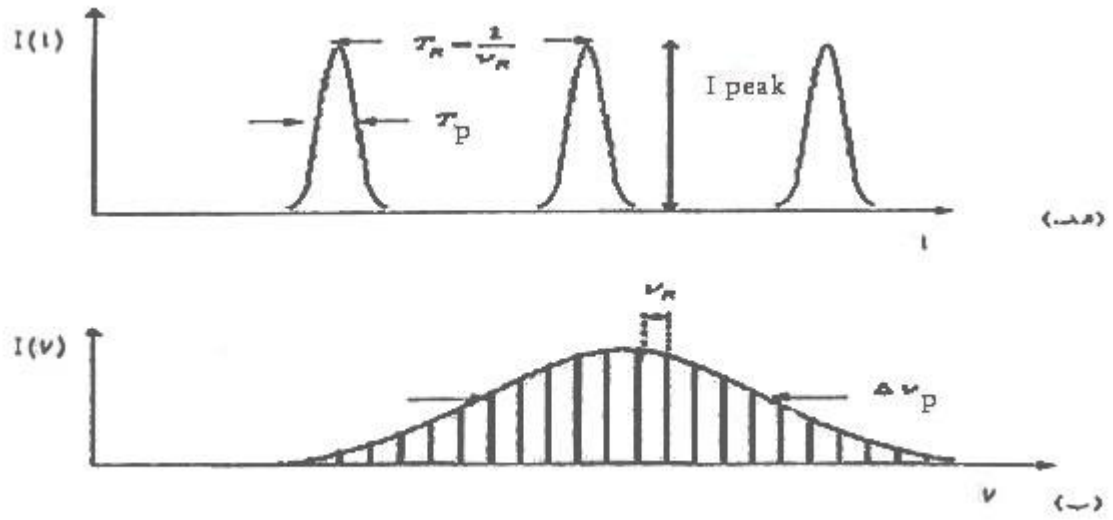
زمان پالس فوق کوتاه، تفکیک زمانی سریع را میسر می‌سازد. به همان طریقی که نور با فلش‌های پیاپی در یک نمایش حرکات موزون، باعث منجمد و ثابت شدن حرکات هنرمندان می‌گردد، یک لیزر فوق کوتاه نیز می‌تواند حرکات سریع اشیاء، از قبیل مولکول‌ها را ثابت، و بنابراین فرآینهای واهلش حاملها را در نیمه رساناها[۷]، دینامیک یک واکنش شیمیایی [۹و۸]، و نمونه‌برداری الکترواپتیکی از مدارهای الکترونیکی با سرعت بسیار بالا را اندازه‌گیری نماید[۱۱و۱۰]. با استفاده از لیزرهای مد قفل شده، دینامیک از هم گسیختگی مولکول‌ها و نیز دینامیک واکنش‌های شیمیایی پیچیده، اندازه‌گیری شده است، که این کار برای زیویل[1] در سال ۱۹۹۹ در رشته شیمی با جایزه نوبل همراه بود. در این زمینه کوتاه‌ترین پالس ایجاد شده ۳/۸ فمتوثانیه می‌باشد[۱۲].

۱-۲-۲ آهنگ تکرار پالس زیاد

لیزرهای با آهنگ تکرار چندین گیگا هرتز، اجزای کلیدی بسیاری ازتجهیزات کاربردی می‌باشند. این لیزرها در سیستم‌های ارتباطی با ظرفیت بالا[۱۴و۱۳]، وسایل سویچینگ فوتونیکی [۱۵] و درون ارتباطات اپتیکی استفاده می‌شوند[۱۶]. همچنین در باریکه‌های قطبیده شده الکترون برای شتابدهنده‌های

[1] . A.H.Zewail

الکترون [۱۷] و تکنیک‌های نمونه‌برداری الکترواپتیکی با سرعت بالا[۱۱و۱۰]، مبتنی بر قطارهای پالس چندین گیگا هرتزی با پالس‌های کوتاه، بی‌ثباتی زمانی[1] کم و دامنه نویز کم خواهد بود.



شکل ۱-۱ نمایش پارامترهای پالس: الف) پهنای پالس τ_p،آهنگ تکرار پالس υ_R، زمان رفت و برگشت کاواک T_R و شدت قله پالس I_{peak} و ب) پهنای طیف $\Delta\upsilon_p$.

۱-۲-۳ طیف پهن

یک طیف پهن، تفکیک فضایی خوب را برای توموگرافی همدوس اپتیکی[2] که تکنیکی غیر مخرب برای تصویرنگاری سطح مقطعی در سیستم‌های بیولوژیکی است، میسر می‌سازد[۱۹و۱۸]. توموگرافی همدوس اپتیکی برای تولید یک تصویر دو بعدی از پراکندگی اپتیکی صورت گرفته از ریزساختارهای داخلی بافت استفاده می‌شود. توموگرافی همدوس اپتیکی لزوماً نیاز به پالس‌های کوتاه ندارد، اما لیزرهای فمتوثانیه مد قفل شده، به تنهایی و یا همراه با یک پهن‌شدگی طیفی خارجی اضافه، یک توان متوسط بسیار بالاتر

[1] . Timing Jitter
[2] . Optical Coherence Tomograghy

نسبت به هر منبع دیگر با باند پهن ارائه می‌دهد، بنابراین این لیزرها، یک تفکیک فضایی طولی و جانبی از مرتبه چند میکرومتر ایجاد می‌کنند.

۱-۲-۴ شدت قله بالا

شدت قله بالای پالس، برای تولید رنگ‌ها در طول موج‌های معین از طریق تبدیل غیرخطی فرکانس به‌کار می‌رود. لیزرهای حالت جامد پمپ شده، با توان‌های متوسط بالا، پالس‌های فمتوثانیه با انرژی پالس بیشتر از یک میکروژول با آهنگ تکرار پالس ۳۰ مگاهرتز تولید کرده‌اند. این ترکیبی از پالس کوتاه، انرژی بالا و توان متوسط زیاد است. چنین منابعی با شدت قله زیاد، خوردگی غیرگرمایی (بدون افزایش در دما) را بدون هیچ‌گونه تقویت اضافی، امکان‌پذیر می‌سازد. توانایی لیزرهای پالسی فوق کوتاه پرشدت، برای ساختن ریزساختارهایی در مواد هدف جامد، بسیار امیدبخش است که اگر از پالس‌های فمتوثانیه و پیکوثانیه بجای نانوثانیه استفاده شود کیفیت الگوها و حفره‌های خرد شده، بسیار بهتر خواهد شد[۲۲-۲۰]. ذوب‌شدگی غیرگرمایی فوق سریع در نیمه‌رساناها مشاهده شده که در آن گذار جامد به مایع سریعتر از زمان‌های تعادل حامل- شبکه اتفاق می‌افتد[۲۴و۲۳]. این حالت سریع از تغییر ماده به خاطر اینکه موجب کاهش اثرات نامطلوب ناشی از هدایت گرمایی و برهم کنش پالس با ماده خورد شده، می-گردد، مهم است. در کاربردهای جراحی، چنین پالس‌های لیزری کوتاه، به منظور دستیابی به یک دقت برش جراحی بیشتر، بخصوص در جراحی قرنیه[۲۵] و برداشت تومورهای مغزی[۲۶]، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این لیزرها اثرات ثانویه زیان‌آور، از قبیل موجهای شوک و حباب‌های کاواک مانند را در بافتها کاهش می‌دهند.

۱-۳ تاریخچه

استفاده از نور به عنوان اساس یک سیستم ارتباط نوری قدمت طولانی دارد، اولین سابقه‌های ثبت شده در این زمینه مربوط به یونانی‌ها در قرن هشتم قبل از میلاد مسیح بود که به علامت‌های آتش متکی بود. گرچه ایستگاه‌های تقویت کننده بین راهی امکان استفاده از این روش را برای مسافت‌های طولانی مقدور

می‌ساخت. انتقال پیغام‌های پیچیده بسیار کند بود و سیستم با شرایط آب و هوایی به آسانی از هم می-گسست. لذا عموماً ارسال پیغام‌ها توسط پیک و جاده قابل اعتمادتر بود. پیشرفت کمی در ارتباطات نوری تا سال ۱۸۸۰ حاصل شد، وقتی که الکساندر گراهام‌بل[۱] فوتوفون را اختراع کرد. این دستگاه با استفاده از یک دیافراگم نور خورشید را مدوله می‌کرد و توانایی انتقال گفتار تا ۲۰۰ متر را داشت. در سال ۱۸۹۵ مارکنی[۲] ارتباط در فضای آزاد را با بکارگیری امواج رادیویی نمایش داد. از آن زمان قسمت‌های مختلف بیناب الکترومغناطیسی در مخابرات مورد استفاده قرار گرفته است. از آنجایی که میزان اطلاعات قابل انتقال با افزایش فرکانس امواج الکترومغناطیسی، افزایش می‌یابد علاقمندی به استفاده از فرکانس-های بالا و بالاتر روبه فزونی بوده است. از زمانی که اولین لیزرهای پالسی در سال ۱۹۶۰ توسط مایمن[۳] که یک لیزر یاقوت با طول موج ۶۹۴ نانومتر بود، درخواست‌ها در جهت پالس‌های قدرتی کوتاه‌تر و توان بالاتر انجام شده است. سال‌ها خصوصیات پالس در طراحی لیزر ذاتی بود. تغییری چشمگیر در پالس‌های خروجی نیازمند لیزری جدید است که منجر به تنوع عظیمی در لیزرهایی گردد که تاکنون در جهان موجود بوده‌اند. در اواسط سال ۱۹۶۰، افراد به دنبال یافتن راه‌هایی برای تغییر خصوصیات پالسی از جمله پهنای آن بودند[۲۸و۲۷]. خیلی زود نتایج تجربی در زمینه‌ی فشردگی پالس اپتیکی افزایش یافت و مباحث مربوط به پالس‌های کوتاه‌تر منجر به ثبت کوتاه‌ترین پالس با پهنای ۶ فمتوثانیه توسط فورک و همکاران گردید[۲۹]. جالب توجه است که بخش اعظم بررسی‌های مربوط به فشردگی پالس لیزری در طول سال‌های ۱۹۵۰ توسط رادار چیرپ شده صورت گرفت[۳۰]. در این مورد، پالس‌های رادار قبل از عبور و تقویت، پهن می‌شوند و بنابراین بیشینه‌ی توان آنها کاهش می‌یابد، وسپس در دریافت کننده دوباره باریک می‌شوند، این موضوع به پالس‌های رادار این امکان را می‌دهد که بیشینه‌ی توان‌هایی بسیار بیشتر از آنچه تقویت کننده‌ها به طور معمول می‌توانند ایجاد کنند، را داشته باشند. تاریخ کیوسوئیچینگ به سال ۱۹۶۱ برمی‌گردد، یعنی هنگامیکه هلوارت[۴] پیش‌بینی کرد اگر افتهای یک مشدد اپتیکی بطور سریع

[1] . Geraham bell
[2] . Marconi
[3] .T.Maiman
[4] .Helwarth

از یک مقدار زیاد به یک مقدار کم، سوئیچ شود، لیزر می‌تواند پالس‌های کوتاه تولید نماید. نمونه تجربی این امر یک سال بعد تولید شد[۳۲و۳۱]. از آن پس تئوریها یکی پس از دیگری، ابتدا برای کیوسوئیچینگ سریع (افت درون کاواک بطور آنی سوئیچ می‌شود، با دو معادله آهنگ برای چگالی فوتون و جمعیت وارون) [۳۴و۳۳] و سپس برای مورد کیوسوئیچینگ غیرفعال [۳۶و۳۵]، با معرفی سومین معادله آهنگ برای جاذب اشباع‌پذیر پایه‌ریزی شد. پس از آن زایوسکی[۱] و کلی[۲] به سمت تحقیق در مورد لیزرهای ریزتراشه کیوسوئیچ شده ترغیب شدند [۳۷] و بنابراین معادلات آهنگ برای کیوسوئیچینگ سریع را تحلیل کردند[۳۸]. در سال ۱۹۹۵، دگنون[۳] ، کار اریکسون[٤] و زابو[٥] را برای کیوسوئیچینگ غیرفعال گسترش داد[۳۹]. به طور کلی این پایان‌نامه به دو بخش تقسیم می‌شود، در بخش اول، مدل‌سازی تمام اپتیکی برای تولید یک تک پالس از مرتبه نانو، پیکو و فمتوثانیه، با استفاده از مدولاتورهای الکترواپتیکی خطی و غیرخطی ارائه می‌شود و سپس رابطه پهنای زمانی (Δt) برای مدولاتورهای الکترواپتیک و یافتن رابطه بین این پهنای زمانی و پذیرفتاری مرتبه سوم ($\chi^{(3)}$) مواد اپتیکی غیرخطی ارائه می‌شود. در بخش دوم، مدل‌سازی تمام اپتیکی جهت فشردگی پالس ایجاد شده در قسمت اول بوسیله‌ی ترکیب یک مدولاتور فازی مربعی (با یک فیبر اپتیکی غیرخطی معرفی می‌شود) و یک فیلتر چیرپ (با یک توری پراش معرفی می‌شود) برای تولید پالسی با پهنای زمانی از مرتبه فمتو و کمتر از آن ارائه می‌شود. در پایان، مدل‌سازی تمام اپتیکی جهت ثابت نگه داشتن شدت سیگنال اپتیکی در یک مقدار ثابت بررسی می‌شود.

[1] .Zayhowski
[2] .Kelly
[3] . Degnon
[4] . Erickson
[5] . Szabo

فصل دوم

انواع نظریه‌های ایجاد پالس