دانشکده علوم
گروه فیزیک

پایان نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد در گرایش اتمی و مولکولی

عنوان:

همزمان‌سازی مدهای نوسانی لیزرهای نیمه رسانای کوپل شده با کاواک خارجی

استاد راهنما:
دکتر اکبر جعفری

پژوهشگر:
مهتاب حیدری

شهریور ماه ۱۳۹۱

«حق چاپ برای دانشگاه ارومیه محفوظ می‌باشد»

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به:

پدر و مادر مهربانم

و همسر عزیزم

تقدیم به آنان که لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه های زیبا و یکتای زندگیم مدیون حضور سبز آنها است.

سپاسگزاری...

بر خود فرض می دانم سپاسگزار کسانی باشم که مرا در این راه یاری و تشویق نموده اند، از پدر و مادرم که دعای خیرشان همیشه بدرقه راهم بوده و همواره از حمایتشان برخوردار بوده ام.

همچنین قدردان زحمات استاد گرانقدر جناب آقای دکتر اکبر جعفری که به عنوان الگو و استاد راهنمای اینجانب بوده اند.

مهتاب حیدری

شهریور ماه ۱۳۹۱

mahtabheidary@gmail.com

انتشارات پایان نامه:

۱- همزمان سازی مدهای نوسانی لیزرهای نیمه رسانا جفت شده نیمه رسانا با دو کاواک کوتاه خارجی بوسیله آیینه های خارجی(کنفرانس فیزیک ایران ۹۰- ارومیه)

۲- بررسی همزمان سازی کامل و تاخیری مدهای نوسانی در حالت ناپایدار لیزرهای جفت شده نیمه رسانا با دو کاواک کوتاه خارجی (کنفرانس اپتیک و فتونیک ایران ۹۰- تبریز)

فهرست مطالب

چکیده ---------- ۱

مقدمه ---------- ۲

فصل۱: مفاهیم لیزر ---------- ۸

۱-۱) ساختار لیزر ---------- ۸

۱-۱-۱) دمنده ---------- ۸

۱-۱-۲) محیط لیزر ---------- ۹

۱-۱-۳) خروجی لیزر ---------- ۹

۱-۲) گسیل خود به خودی ---------- ۹

۱-۳) گسیل القایی ---------- ۱۰

۱-۴) تفاوت گسیل القایی و گسیل خود به خودی ---------- ۱۰

۱-۵) جذب ---------- ۱۱

۱-۶) خواص باریکه های لیزری ---------- ۱۲

۱-۶-۱) تکفامی ---------- ۱۲

۱-۶-۲) همدوسی ---------- ۱۲

۱-۶-۱-الف) همدوسی زمانی ---------- ۱۲

۱-۶-۱-ب) همدوسی مکانی ---------- ۱۳

۱-۶-۳) جهتمندی ---------- ۱۳

۱-۶-۴) درخشندگی ---------- ۱۴

۱-۷) تجمع معکوس ---------- ۱۴

۱-۸) نحوه ایجاد پرتو لیزر ---------- ۱۴

۱-۹) لیزرهای نیمه رسانا ---------- ۱۵

فصل۲: آشوب ---------- ۱۷

۲-۱) مقدمه ---------- ۱۷

۲-۲) آشوب در لغت ---------- ۱۷

۲-۳) آشوب در سیستم های غیرخطی ---------- ۱۸

۲-۴) تاریخچه آشوب ---------- ۱۸

۲-۵) مفهوم نظریه آشوب ---------- ۱۹

۲-۶) تعاریفی از آشوب ---------- ۱۹

۲-۷) نکات مهم تئوری آشوب ---------- ۲۰

۲-۸) فضای سیستم آشوبناک ---------- ۲۱

۲-۹) شرایط سیستم آشوب گونه ---------- ۲۲

فصل۳: معادلات نرخ توصیف کننده سیستم های لیزری ---------- ۲۳

۳-۱) مقدمه ---------- ۲۳

۳-۲) معادلات دیفرانسیلی تاخیری ---------- ۲۳

۳-۳) معادلات ریاضی ---------- ۲۴

۳-۴) دامنه و فاز میدان ---------- ۲۵

۳-۵) تحلیل پایداری خطی ---------- ۲۵

۳-۶) بی بعد سازی معادلات ---------- ۲۶

فصل۴: نوسانگرهای بی نظم حاصل از تزریق سیگنالهای آشوبناک ---------- ۲۸

۴-۱) مقدمه ---------- ۲۸

۴-۲) طرح پیشرانی ---------- ۲۸

۴-۳) سیستم های یکسان ---------- ۳۲

۴-۴) همزمان سازی و پایداری ---------- ۳۲

۴-۵) پس خوراند اپتیکی---------- ۳۳

۴-۶) تزریق اپتیکی---------- ۳۵

فصل۵: همزمان سازی----------- ۳۸

۵-۱) مقدمه---------- ۳۸

۵-۲) مفهوم همزمان سازی بی نظمی---------- ۳۸

۵-۳) طرح واره همزمان سازی---------- ۳۹

۵-۴) همزمان سازی کامل و تعمیم یافته---------- ۴۱

۵-۵) تئوری همزمان سازی بی نظمی در لیزرهای نیمه رسانا با پس خوراند اپتیکی---------- ۴۴

۵-۶) معادلات نرخ توصیف کننده سیستم های فرستنده و گیرنده در سیستم حلقه بسته ---------- ۴۶

۵-۷) همزمان سازی تعمیم یافته---------- ۴۷

۵-۸) همزمان سازی کامل---------- ۴۸

فصل۶ : تاثیر آینه خارجی بر دینامیک نوسانی لیزرهای نیمه‌رسانا

۶-۱) همزمان‌سازی بی‌نظمی ناشی از پاسخ خطی لیزرهای نیمه رسانای تزریقی و بررسی اثر شدت پس خوراند آینه خارجی بر روی دینامیک و طیف لیزر تزریق شده ---------- ۵۰

۶-۱-۱) مقدمه ---------- ۵۰

۶-۱-۲) مدل ---------- ۵۳

۶-۱-۳) تحلیل پایداری خطی---------- ۵۴

۶-۱-۴) نتایج عددی ---------- ۵۷

۶-۱-۵) دینامیک شدت خروجی لیزر تزریقی---------- ۵۹

۶-۱-۶) نتیجه گیری---------- ۶۱

۶-۲) مقایسه بین دو لیزر نیمه رسانا با کاواک بلند و کوتاه بوسیله تحلیل سیگنال کوچک استاندارد ---------- ۶۷

۶-۲-۱) مقدمه---------- ۶۷

۶-۲-۲) مدل---------- ۶۸

۶-۲-۳) تحلیل پایداری خطی---------- ۶۸

۶-۲-۴) بهره و شیفت فازی لیزر بر حسب فرکانس سیگنال خروجی---------- ۶۹
۶-۲-۴-الف) کاواک بلند---------- ۶۹
۶-۲-۴-ب) کاواک کوتاه---------- ۷۰
۶-۲-۵) تاثیر افزایش مقدار τ به عنوان یک پارامتر ثابت---------- ۷۱
۶-۲-۶) بهره و شیفت فازی لیزر بر حسب تغییرات پارامترهای لیزری ---------- ۷۱
۶-۲-۷-الف) بهره و شیفت فازی لیزر با کاواک بلند برحسب تغییرات α و فرکانس سیگنال خروجی---------- ۷۱
۶-۲-۷-ب) بهره و شیفت فازی لیزر با کاواک کوتاه برحسب تغییرات α و فرکانس سیگنال خروجی---------- ۷۳
۶-۲-۸-الف) بهره و شیفت فازی لیزر با کاواک بلند برحسب تغییرات k و فرکانس سیگنال خروجی---------- ۷۴
۶-۲-۸-ب) بهره و شیفت فازی لیزر با کاواک کوتاه برحسب تغییرات k و فرکانس سیگنال خروجی---------- ۷۶
۶-۲-۹-الف) بهره و شیفت فازی لیزر با کاواک بلند برحسب تغییرات p و فرکانس سیگنال خروجی---------- ۷۷
۶-۲-۹-ب) بهره و شیفت فازی لیزر با کاواک کوتاه برحسب تغییرات p و فرکانس سیگنال خروجی---------- ۷۸
۶-۳) بررسی همزمان سازی مدهای نوسانی لیزرهای جفت شده نیمه رسانا با دو کاواک کوتاه خارجی
به وسیله آیینه های خارجی---------- ۹۵
۶-۳-۱) مقدمه---------- ۹۵
۶-۳-۲) معادلات نرخ لیزری و وارونی انبوهی---------- ۹۷
۶-۳-۳) نتایج وبحث---------- ۹۸
۶-۳-۳-الف) بررسی نتایج اعمال همزمان‌سازی کامل بر دینامیک تک مد و پالسی لیزر گیرنده---------- ۹۸
۶-۳-۳- ب) بررسی نتایج اعمال همزمان‌سازی کامل و تاخیری بر دینامیک دومد، شبه پریودیک،
آشوبناک لیزر گیرنده ---------- ۹۹
۶-۳-۴) نتیجه گیری---------- ۱۰۵

مراجع ---------- ۱۰۷

فهرست شکلها

شکل۱-۱) ساختار لیزر نیمه رسانا---------- ۱۶

شکل۱-۲) تصاویر مشابه آنچه در پخش media player هنگام پخش یک فایل صوتی---------- ۱۹

شکل۴-۱) آرایش هندسی کاواکی لیزری با آینه لیزری خارجیM و شدت انعکاس η---------- ۳۳

شکل ۴-۲) تغییرات شدت خروجی لیزر برحسب افزایش میزان پس خوراند---------- ۳۴

شکل۴-۳) طرح لیزر نیمه رسانا با تزریق اپتیکی توسط لیزر دیگر---------- ۳۶

شکل۴-۴) خروجی لیزر نیمه رسانا بر حسب فرکانس دتیونینگ---------- ۳۷

شکل ۴-۵) انتقال مد خطی لیزرهای نیمه رسانای تزریقی با افزایش میزان تزریق---------- ۳۷

شکل۵-۱) طرح کلی همزمان سازی بی نظمی در سیستم فرستنده – گیرنده یک به یک---------- ۴۰

شکل۵-۲) همزمان سازی بی نظمی در چندین سیستم فرستنده – گیرنده---------- ۴۰

شکل۵- ۳) تأخیر زمانی بین موج های سیستم فرستنده و گیرنده در همزمان سازی بی نظمی، τ_c زمان انتقال

سیگنال از فرستنده به گیرنده و τ زمان پس خوراند اپتیکی در سیستم های فرستنده و گیرنده -------- ۴۳

۵- ۳- الف) همزمان سازی بی نظمی تعمیم یافته---------- ۴۳

۵- ۳- ب) همزمان سازی کامل---------- ۴۳

شکل ۵-۴) نمودار شماتیک سیستم های همزمان شده بی نظمی در لیزرهای نیمه رسانا با پس خوراند اپتیکی

(لیزر فرستنده: LDT و لیزر گیرنده: LDR ---------- ۴۶

۵-۴- الف) سیستم های کوپل شده متقارن یکطرفه---------- ۴۶

۵-۴- ب) سیستم های کوپل شده یکطرفه نامتقارن---------- ۴۶

۵-۴- ج) سیستم های کوپل شده متقارن---------- ۴۶

شکل ۶-۱) لیزر های نیمه رسانا دارای پس خوراند اپتیکی توسط آینه خارجی، خروجی لیزر اصلی بطور یکطرفه

به لیزر پیرو تزریق شده است ---------- ۶۲

شکل۶-۲) میرایی مدهای نوسانی بر حسب فرکانس، (γ, w) ، با افزایش میزان تزریق (β) ---------- ۶۲

۶-۲- الف) بدون حضور آینه خارجی---------- ۶۲

۶-۲- ب) با حضور آینه خارجی ---------- ۶۲

شکل۶-۳) طیف $\frac{\delta A}{\delta a_{inj}}$ بر حسب $w/2\pi$ ، منحنی های III,II,I به ترتیب متناظر با ۰/۱۲و ۰/۰۸و۰/۰۴ = β ------ ۶۳

۶-۳-الف) $k = ۰$ ---------- ۶۳

۶-۳-ب) $k = ۰/۰۹$ ---------- ۶۳

۶-۳- ج) $k = ۰/۱۱۵$ ---------- ۶۳

شکل۶-۴) طیف $\frac{\delta \phi}{\delta \phi_{inj}}$ بر حسب $w/2$ π، منحنی های III,II,I به ترتیب متناظر با ۰/۱۲و۰/۰۸و۰/۰۴ = β ------ ۶۴

.۶-۴-الف) به ازای $k = ۰$ ---------- ۶۴

۶-۴-ب) $k = ۰/۰۹$ ---------- ۶۴

۶-۴-ج) $k = ۰/۱۱۵$ ---------- ۶۴

شکل۶-۵) نمودار دو شاخه شدگی شدت خروجی لیزر نیمه رسانا اسلیو بر حسب فاز

فیدبک $C_p - \pi < C_p < \pi$ برای $\beta = ۰/۱۵۵$ ---------- ۶۵

۶-۵-الف) $k = ۰$ ---------- ۶۵

۶-۵-ب)($\eta =$) $k = ۰/۰۴۵۵$ ---------- ۶۵

۶-۵-ج)($\eta >$) $\beta = ۰/۱۱۵$ ---------- ۶۵

شکل۶-۶) نمودار سری زمانی شدت خروجی لیزر نیمه رسانا اسلیو برای $\beta = ۰/۱۵۵$ ---------- ۶۶

۶-۶-الف) $k = ۰$ ---------- ۶۶

۶-۶-ب)($\eta =$) $k = ۰/۰۴۵۵$ ---------- ۶۶

۶-۶-ج)($\eta >$) $\beta = ۰/۱۱۵$ ---------- ۶۶

شکل۶-۷) ساختار لیزر نیمه رسانا در معرض پس خوراند نوری با اختلاف راه نوری τ ---------- ۶۸

شکل ۶-۸) پاسخ لیزر نیمه رسانا با کاواک بلند ، بر حسب فرکانس سیگنال خروجی $w/2\pi$ منحنی های

توپر، خط چین، نقطه‌ای به ترتیب متناظر با پاسخ دامنه میدان، فاز اپتیکی و وارونی انبوهی ---------- ۸۰

۶-۸- الف) بهره ---------- ۸۰

۶-۸- ب) شیفت فازی ---------- ۸۰

۶-۸-ج) نمودار دو شاخه شدگی برای شدت خروجی لیزر بر حسب فرکانس سیگنال

خروجی،$w/2\pi$ ، به ازای $\tau = ۷۰۰$ و۳۰۰ =T ---------- ۸۰

شکل۶-۹) پاسخ لیزر نیمه رسانا با کاواک کوتاه، بر حسب فرکانس سیگنال خروجی ، منحنیهای توپر،
خط چین، نقطه ای به ترتیب متناظر با پاسخ دامنه میدان، فاز اپتیکی و وارونی انبوهی ---------- ۸۱
۶-۹-الف) بهره---------- ۸۱
۶-۹- ب) شیفت فازی---------- ۸۱
۶-۹- ج) نمودار دو شاخه شدگی برای شدت خروجی لیزر بر حسب فرکانس سیگنال
خروجی،$w/2\pi$ ، به ازای $\tau = ۷۰$ و T= ۱۷۱۰ ---------- ۸۱
شکل۶-۱۰) نمودار دو شاخه شدگی برای شدت خروجی لیزر بر حسب فرکانس سیگنال
خروجی،$w/2\pi$ ، به ازای $\tau = ۱۲۱$ و$T=۵۵۰$---------- ۸۲
شکل ۶-۱۱-الف) منحنی بهره برحسب تغییرات α و فرکانس سیگنال خروجی ($w/2\pi$)
برای لیزر با کاواک بلند ---------- ۸۳
۶-۱۱-الف-۱) دامنه میدان---------- ۸۳
۶-۱۱- الف-۲) فاز اپتیکی ---------- ۸۳
۶-۱۱-الف-۳) وارونی انبوهی---------- ۸۳
شکل ۶-۱۱-ب) منحنی شیفت فازی را برحسب تغییرات α و فرکانس سیگنال خروجی($w/2\pi$) برای لیزر با کاواک بلند
۶-۱۷ب-۱) دامنه میدان ---------- ۸۴
۶-۱۱-ب-۲) فاز اپتیکی ---------- ۸۴
۶-۱۱-ب-۳)وارونی انبوهی---------- ۸۴
شکل۶-۱۲-الف) منحنی بهره برحسب تغییرات αو فرکانس سیگنال خروجی ($w/2\pi$)
برای لیزر با کاواک کوتاه ---------- ۸۵
۶-۱۲-الف-۱) دامنه میدان---------- ۸۵
۶-۱۲- الف-۲)فاز اپتیکی---------- ۸۵
۶-۱۲-الف-۳)وارونی انبوهی---------- ۸۵
شکل۶-۱۲-ب) منحنی شیفت فازی را برحسب تغییرات αو فرکانس سیگنال خروجی ($w/2\pi$) برای لیزر با کاواک کوتاه
۶-۱۸-ب-۱) دامنه میدان ---------- ۸۶
۶-۱۲-ب-۲) فاز اپتیکی ---------- ۸۶
۶-۱۲-ب-۳) وارونی انبوهی---------- ۸۶

شکل ۶-۱۳-الف) منحنی بهره برحسب تغییرات k و فرکانس سیگنال خروجی ($w/2\pi$) برای لیزر با کاواک بلند ----- ۸۷
۶-۱۳-الف-۱) دامنه میدان---------- ۸۷
۶-۱۳-الف-۲) فاز اپتیکی---------- ۸۷
۶-۱۳-الف-۳) وارونی انبوهی---------- ۸۷
شکل ۶-۱۳-ب) منحنی شیفت فازی برحسب تغییرات k و فرکانس سیگنال خروجی ($w/2\pi$) برای لیزر با کاواک بلند
۶-۱۳-ب-۱) دامنه میدان ---------- ۸۸
۶-۱۳-ب-۲) فاز اپتیکی---------- ۸۸
۶-۱۳-ب-۳) وارونی انبوهی---------- ۸۸
شکل۶-۱۴-الف) منحنی بهره برحسب تغییرات k و فرکانس سیگنال خروجی ($w/2\pi$) برای لیزر با کاواک کوتاه ------ ۸۹
۶-۱۴-الف-۱) دامنه میدان ---------- ۸۹
۶-۱۴-الف-۲) فاز اپتیکی---------- ۸۹
۶-۱۴- الف-۳) وارونی انبوهی---------- ۸۹
شکل۶-۱۴-ب) منحنی شیفت فازی برحسب تغییرات k و فرکانس سیگنال خروجی ($w/2\pi$) برای لیزر با کاواک کوتاه ۹۰
۶-۱۴-ب-۱) دامنه میدان---------- ۹۰
۶-۱۴-ب-۲) فاز اپتیکی ---------- ۹۰
۶-۱۴-ب-۳) وارونی انبوهی---------- ۹۰
شکل ۶-۱۵-الف) منحنی بهره برحسب تغییرات p و فرکانس سیگنال خروجی ($w/2\pi$) برای لیزر با کاواک بلند ------ ۹۱
۶-۱۵-الف-۱) دامنه میدان ---------- ۹۱
۶-۱۵-الف-۲) فاز اپتیکی ---------- ۹۱
۶-۱۵-الف) وارونی انبوهی---------- ۹۱
شکل۶-۱۵-ب) منحنی شیفت فازی را برحسب تغییرات p و فرکانس سیگنال خروجی ($w/2\pi$) برای لیزر با کاواک بلند ۹۲
۶-۱۵-الف-۱) دامنه میدان ---------- ۹۲
۶-۱۵-الف-۲) فاز اپتیکی ---------- ۹۲
۶-۱۵-۳-الف) وارونی انبوهی---------- ۹۲
شکل ۶-۱۶-الف) منحنی بهره برحسب تغییرات p و فرکانس سیگنال خروجی ($w/2\pi$) برای لیزر با کاواک کوتاه----- ۹۳
۶-۱۶-الف-۱) دامنه میدان ---------- ۹۳

۶-۱۶-الف-۲) فاز اپتیکی ---------- ۹۳

۶-۱۶-الف-۳) وارونی انبوهی---------- ۹۳

شکل ۶-۱۶-ب) منحنی شیفت فازی برحسب تغییرات p و فرکانس سیگنال خروجی ($w/2\pi$) برای لیزر با کاواک کوتاه ۹۴

۶-۱۶-ب-۱) دامنه میدان ---------- ۹۴

۶-۱۶-ب-۲) فاز اپتیکی---------- ۹۴

۶-۱۶-ب-۳) وارونی انبوهی---------- ۹۴

شکل ۶-۱۷) آرایش هندسی سیستم کوپل شده لیزری با دو کاواک خارجی و با تاخیرهای زمانی $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4$
مربوط به آیینه های خارجی، τ' زمان لازم برای رسیدن سیگنال از فرستنده به گیرنده و شدت
پس خوراندهای مربوط به آیینه های خارجی $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$----------۹۷

شکل ۶-۱۸) نمودار تحول زمانی شدت خروجی لیزر، $|E|^2$ ، بر حسب پارامترهای فاز پس خوراند $C_P = ۰$،
دمش $P = ۰/۸$، تاخیر زمانی ($\tau_1 = ۱۲/۰۸۵$ و $\tau_3 = ۷۰$ و $\tau' = ۷۰۰$ و $\tau_2 = \tau_4 = ۱۱$)،
شدت پس خوراند ($\eta_1 = ۰/۰۴۵۵$ ، $\eta_2 = ۰/۰۱$، $\eta_3 = \eta_4 = ۰/۰۱$) و شدت پرتو ورودی
$\beta = ۰/۲$ برای نوسانات پریود اول مدهای لیزری در حالت های متفاوت ---------- ۱۰۱

۶-۱۸- الف) فرستنده قبل از جفت شدن---------- ۱۰۱

۶-۱۸- ب) فرستنده (خط چین) و گیرنده جفت شده قبل از همزمان سازی---------- ۱۰۱

۶-۱۸-ج) فرستنده (خط چین) و گیرنده جفت شده بعد از همزمان سازی.---------- ۱۰۱

شکل ۶-۱۹) نمودار تحول زمانی شدت خروجی لیزر، $|E|^2$ ، بر حسب پارامترهای فاز پس خوراند $C_P = ۰$،
دمش $P = ۰/۸$، تاخیر زمانی ($\tau_1 = ۷۰$ و $\tau_2 = ۷۰$ و $\tau' = ۱۰۷۵$ و $\tau_3 = \tau_4 = ۷۰$)، شدت
پس خوراند ($\eta_1 = ۰/۰۴۵۵$ ، $\eta_2 = ۰/۰۳۶$، $\eta_3 = \eta_4 = ۰/۰۱$ و شدت پرتو ورودی $\beta = ۰/۲$
برای نوسانات پالسی مدهای لیزری در حالت های متفاوت ---------- ۱۰۲

۶-۱۹- الف) فرستنده قبل از جفت شدن---------- ۱۰۲

۶-۱۹- ب) فرستنده (خط چین) و گیرنده جفت شده قبل از همزمان سازی ----------۱۰۲

۶-۱۹-ج) فرستنده (خط چین) و گیرنده جفت شده بعد از همزمان سازی---------- ۱۰۲

شکل۶-۲۰) نمودار دو شاخه شدگی شدت خروجی لیزر فرستنده بر حسب تغییر پارامتر کنترل فاز پس خوراند
در بازه ی $-\pi \le C_P \le \pi$ و شدت انعکاس (آینه لیزری) $\eta = ۰/۰۳۶$.---------- ۱۰۳

شکل ۶-۲۱) نمودار تحول زمانی شدت خروجی لیزر $|E|^2$بر حسب پارامترهای فاز پس خوراند۲- $C_p =$ و
شدت پس‌خوراند های ۰/۰۱ $\eta_1=\eta_3=\eta_4=$ و ۰/۰۳۶ $\eta_2 =$ وشدت پرتو ورودی۰/۱۲۱ $\beta =$ برای
دینامیک نوسانی دو مد که نمودار خطچین مربوط به لیزرگیرنده است ---------- ۱۰۳
۶-۲۱-الف) قبل از همزمان سازی---------- ۱۰۳
۶-۲۱-ب) بعد از همزمان سازی.---------- ۱۰۳
شکل۶- ۲۲) نمودار تحول زمانی شدت خروجی لیزر $|E|^2$بز حسب پارامترهای فاز پس خوراند۲- $C_p =$ و
شدت پس خوراند های۰/۰۱ $\eta_1=\eta_3=\eta_4 =$ و۰/۰۳۶ $\eta_2 =$و شدت پرتو ورودی۰/۱۲۱ $\beta =$
برای دینامیک نوسانی شبه پریودیک که نمودار خط چین مربوط به لیزر گیرنده است ---------- ۱۰۴
۶-۲۲-الف) قبل از همزمان سازی ---------- ۱۰۴
۶-۲۲-ب) بعد از همزمان سازی---------- ۱۰۴
شکل۶- ۲۳) نمودار تحول زمانی شدت خروجی لیزر $|E|^2$بز حسب پارامترهای فاز پس خوراند $C_p = -\pi$ و
شدت پس خوراند های۰/۰۱ $\eta_1=\eta_3=\eta_4 =$ و۰/۰۳۶ $\eta_2 =$و شدت پرتو ورودی۰/۱۲۱ $\beta =$ برای
دینامیک نوسانی آشوبناک که نمودار خط چین مربوط به لیزر گیرنده است ---------- ۱۰۵
۶-۲۳- الف) قبل ازشیفت زمانی ---------- ۱۰۵
۶-۲۳- ب) بعد ازشیفت زمانی.---------- ۱۰۵

فهرست جداول

جدول ۶-۱) مختصات پیک تشدیدی دامنه تزریقی برای مقادیر مختلف شدت پس خوراند

آینه خارجی و میزان تزریق ---------- ۵۸

جدول ۶-۲) مختصات پیک تشدیدی فاز تزریقی برای مقادیر مختلف شدت پس خوراند

آینه خارجی و میزان تزریق ---------- ۵۹

چکیده

در این پایان نامه:

۱- بطور تحلیلی برای نوسانگرهای میرایی که تحت تزریق یک سیگنال بی نظم قرار گرفته اند، نشان داده شد که اگر میزان تزریق از لیزر اصلی به لیزر تزریقی افزایش یابد، لیزر تزریقی پاسخی خطی به سیگنال ورودی نشان می دهد. به عبارت دیگر همزمانی در نوسانات مشاهده می‌شود، این به این معنا است که پهنای باند نوسانگر میرا بطور موثر توسط پهنای باند سیگنال آشفته تزریقی پوشش داده می شود.

۲- با توجه به اهمیت کاربرد نوع لیزر در زمینه‌های مختلف،تأثیر اختلاف راه نوری در دو نوع کاواک لیزری کوتاه و بلند بررسی شده و تأثیر پارامترهای مختلف لیزری در حالت ثابت و متغیر بر روی بهره و شیفت فازی لیزر بررسی گردید.

۳- در لیزرهای نیمه رسانایی که به عنوان نوسانگرهای میرا بکار می روند تاثیر آینه خارجی بر روی پایداری لیزر تزریقی بررسی و نشان داده شد که حضور آینه خارجی در لیزر تزریق شده ، مدهای ناپایدار این لیزر را در فرکانس های پایین از بین برده و همچنین میرایی مدهای نوسانی آن را افزایش می دهد که این امر موجب می شود که لیزر تزریقی پاسخ خطی به سیگنال تزریقی از لیزر اصلی نشان دهد.

۴- در لیزرهای تزریقی رفتار دینامیکی لیزرها بررسی شد و یک نسبت مناسب بین پس خوراند آینه خارجی لیزر تزریقی نسبت به میزان پس خوراند لیزر اصلی یافت شد که تحت آن همزمان سازی خوبی بین مدهای نوسانی دو لیزر برقرار گردید.

۵- هم زمان سازی مد های نوسانی دو لیزر نیمه رسانا با کاواکهای خارجی کوتاه، بوسیله تغییرات اختلاف راه نوری در کاواکهای خارجی مطالعه شده است. با انتخاب مناسب مقادیر شدت و فاز پس خوراند و زمان تاخیری بین آینه ها، نشان داده شده که پایداری و هم زمان سازی خروجی لیزر ها به شدت به فاصله بین لیزرها و موقعیت آینه های کاواک لیزر گیرنده بستگی دارد. همچنین شرط خاصی پیدا شد که فقط تحت آن یک هم زمان سازی پایدار بین مدهای نوسانی لیزر های فرستنده و گیرنده می تواند برقرار باشد.

۶- نهایتا کارایی متدهای همزمانسازی کامل و تاخیری، در طی حالت ناپایدار شدت خروجی لیزر های نیمه رسانا با کاواک خارجی ، برای مدهای لیزری؛ دو مد، شبه پریودیک، آشوبناک مطالعه شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که برای دینامیک دو مد و شبه پریودیک همزمان سازی کامل قابل اجرا بوده و برای دینامیک آشوبناک به علت عدم وجود دوره های نوسانی و غیر تکرار پذیر بودن، همزمان سازی کامل ممکن نبوده و همزمان سازی تاخیری قابل اجرا می باشد.

مقدمه

شاید مهم‌ترین بخش فیزیک اتمی، بحث فیزیک لیزر باشد، واژه لیزر به انگلیسی[1]:

سرواژه عبارت «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation» به معنی تقویت نـور بـه روش گسیل القایی تابش است.

لیزر ابزاری است که نور را به صورت پرتوهای موازی بسیار باریکی که طول موج مشخصی دارند ساطع می‌کنند. این دستگاه از ماده‌ای جمع کننده یا فعال کننده نور تشکیل شده که درون محفظه تشدید نور قرار دارد. این ماده پرتو نـور را کـه بـه وسـیله یک منبع انرژی بیرونی (از نوع الکتریسیته یا نور) به وجود آمده، تقویت می کند.

نخستین بار طرح اولیه لیزر (میزر) را انیشتن داد. کار لیزر به این گونه است که با تابش یک فوتون به یک ذره اتم یـا مولکـول یا یون برانگیخته، یک فوتون دیگر نیز آزاد می‌شود که این دو فوتون با هم، هـم فرکـانس هسـتند . بـا ادامـه ایـن رونـد شـمار فوتون‌ها افزایش می‌یابد که می‌توانند باریکه ای از فوتون‌ها را به وجود بیاورند.

لیزر از نظر ماهیت هیچ تفاوتی با نور عادی ندارد و خواص فیزیکی لیـزر، آن را از نورهـای ایجـاد شـده از دیگـر منـابع متمـایز می‌سازد. از نخستین روزهای تکنولوژی لیزر، به خواص ویژه آن پی برده شد، و خود این خواص بستری عظیم برای کاربردهـای وسیع این پدیده در زمینه های گوناگون اعم از علمی ، صنعتی و پزشکی ایجاد کرده‌است. پیشرفت دانش بدون تکنولوژی لیزر امکان پذیر نیست. در توضیح می توان گفت؛ با دادن انرژی به الکترون‌های یک اتم می‌توان آن‌ها را به مدارهای بالاتر بـرد. امـا این خانه جدید برای الکترون‌ها جایگاه چندان پایداری نیست و الکترون‌ها ترجیح می‌دهند با پس دادن انـرژی بـه مـدار اصـلی خود برگردند. این انرژی به صورت یک فوتون با فرکانس مشخص آزاد می‌شود. یعنی یک واحد انـرژی نـور از همـین فوتـون‌هـا ساخته می‌شود. پس اگر با تعداد زیادی از اتم‌ها هم زمان این کار را انجام دهیم، می‌توانیم پرتو نوری تک فرکانس ایجاد کنـیم. علاوه بر اینکه با روش‌ها و دقت‌هایی می‌توان پرتوهای هم فاز تولید کرد. این پدیده اساس تولید پرتوهای لیزر است. ویژگی‌های منحصربفرد لیزر آن را از نورهای دیگر متمایز می‌سازد که در هیچ منبع نور دیگری یافت نمی‌شود. لیزر چهار ویژگی دارد:

---

[1] *Laser*

۱. همدوسی

۲. تک رنگی

۳. واگرایی کم

۴. موازی بودن پرتو

پیشنهاد استفاده از گسیل القایی از یک سامانه با جمعیت وارون برای تقویت امواج میکروویو بطور مستقل را وبر، جوردون، زیگر، باسو، تانز و پروخورو دادند. نخستین استفاده عملی از چنین تقویت کننده‌هایی توسط گروه جوردون، زیگر و تاونز در دانشگاه کالیفرنیا انجام شد. این گروه نام میزر را که سرواژه عبارت زیر است، برای آن برگزیدند،

«Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation»

مبانی نظری لیزر را آلبرت انیشتین در ۱۹۱۶ میلادی طی مقاله ای مطرح کرد ولی سال‌های نسبتاً زیادی طول کشید تا صنعت و فناوری امکان ساخت نخستین لیزر را فراهم کند. چارلز تاونز در سال ۱۹۵۳ میزر (تقویت کننده موج میکروویو) را اختراع کرد و خواست آزمایش‌های خود را حول جایگزینی نور مرئی به جای فروسرخ ادامه دهد و همزمان این امر میان آزمایشگاه‌های گوناگون در سراسر جهان به عنوان رقابتی جدی در نظر گرفته شد. نخستین میزر با استفاده از گذار میکروویو در مولکول‌های آمونیاک ساخته شد. در سال ۱۹۵۸نخستین بار پیشنهاد فعالیت میزر در فرکانس‌های نوری در مقاله ای توسط اسکاولو و تاونز داده شد. عبارت لیزر در همان زمان در مقاله ای از «گوردون هولد»، دانشجوی دکترای دانشگاه کلمبیا ، پیشنهاد شد و « تئودور میمن » لیزر پالسی یاقوت را در سال ۱۹۶۰ساخت. نخستین لیزر گازی را نیز علی جوان فیزیکدان ایرانی در سال ۱۹۶۱ با استفاده از هلیم و نئون ساخت. در سال ۱۹۶۲ نیز پیشنهاد لیزرهای نیمه‌هادی مطرح گردید. نور لیزر را تکفام پرتو نیز می نامند.

از سال ۱۹۶۶ لیزر نیمه رسانا در مخابرات نوری در ژاپن و آمریکا مورد توجه قرار گرفت و نسبت به امکان مد گردانی مستقیم آن تا فرکانس‌های بسیار زیاد شناخت حاصل شده است.

با پیشرفت روز افزون مکانیک کوانتومی و جنبه‌های ذره ای نور و تولید آینه‌هایی با توان بالا دانشمندان لیزرهایی را با توان خروجی بهتر (لیزرهای توان بالا) و همدوسی بالاتر ساخته شدند.

همانطور که گفته شد، اختراع لیزر به سال ۱۹۵۸ با نشر مقالات علمی در رابطه با میزر پرتو فروسرخ و نوری برمی‌گردد. نشر مقالات یاد شده سبب افزایش تحقیقات علمی توسط دانشمندان در سراسر جهان گردید، در بخش ارتباطات نیز، کارشناسان توانایی لیزر را که جایگزین ارسال یا مخابره الکتریکی شود، تأیید نمودند. اما اینکه چگونه پالس‌ها را مخابره نمایند، مشکلات

زیادی را بوجود آورد. در سال ۱۹۶۰ دانشمندان پالس نور را مخابره نمودند، سپس از لیزر استفاده کردند. لیزر نور زیادی را تولید کرد که بیش از میلیون‌ها بار روشن تر از نور خورشید بود. پرتو لیزر می‌تواند خیلی تحت تأثیر شرایط جوی مانند بارندگی، مه، ابرهای کم ارتفاع، چیزهای موجود در آزمایش‌های مربوط به هوا مانند پرندگان قرار گیرد.

دانشمندان نیز طرح‌های نویی را جهت حمایت نور از برخورد با موانع را پیشنهاد نمودند. قبل از اینکه لیزر بتواند سیگنال‌های تلفن را ارسال کند. اختراع مهم دیگر موجبر فیبر نوری بود که شرکت‌های مخابراتی برای ارسال صدا، اطلاعات و تصویر از آن استفاده می‌کنند. امروزه ارتباطات الکترونیکی بر پایه فوتونها استوار می‌باشد. تکنولوژی تسهیم طول موج یا رنگهای گوناگون نوری برای ارسال تریلیون بیت فیبر نوری استفاده می‌کند.

انواع متفاوتی از لیزرها وجود دارد:لیزر های جامد، لیزرهای گازی، لیزرهای مایع یا رزینه، لیزرهای الکتروت آزاد و لیزرهای نیمه رسانا.

لیزرهای نیمه رسانا به علت مزایایی چون قیمت کمتر، اندازه کوچکتر و کاربرد بیشتر بیش از لیزرهای دیگر مورد استفاده قرار می گیرند. همچنین این لیزرها می توانند با یک کاواک خارجی نیز بکار برده شوند. این لیزرها با کاواک خارجی به علت کاربردهای وسیعی که در اهدافی نظیر مخابرات نوری و اندازه گیری نوری[۱] دارند، به شدت مورد توجه قرار گرفته اند، همچنین این لیزرها به دلیل داشتن قابلیت خروجی آشوبناک[۲] ، به طور وسیع در مخابرات امن[۳] و در فیبرهای نوری مورد استفاده قرار

---

۱ *Optical measurement*
۲ *Chaotic*
۳ *Safe communication*