بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه لرستان

دانشکده علوم پایه

گروه فیزیک

عنوان پایان‌نامه

بررسی اثرات غیرخطی بر معادلات آهنگ و پاسخ فرکانسی ترانزیستور لیزری

نگارش

جواد مظلوم

استاد راهنما

دکتر علی بهاری

پایان‌نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته فیزیک

مهرماه ۱۳۹۳

همه امتیازات این پایان‌نامه به دانشگاه لرستان تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب در مجلات، کنفرانس‌ها یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه لرستان (یا استاد یا اساتید راهنمای پایان نامه) و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر اینصورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

از همسر مهربانم که همیشه در فراز و نشیب زندگی در کنارم بوده اند و همواره باعث دلگرمی و آرامش هستند صمیمانه سپاسگزارم.

از استاد ارجمند و فرهیخته جناب آقای دکتر بهاری که با رهنمودهای سازنده درسهای بسیاری به من آموخته اند تشکر و قدردانی می کنم.

از مدیریت محترم شرکت صدر فولاد و همکاران گرانقدرم که امکان و شرایط ادامه تحصیل را برای من فراهم کردند سپاسگزارم.

و از همه دوستان و عزیزانی که مشوق من بوده اند کمال تشکر را دارم.

جواد مظلوم

مهر ۹۳

فهرست مطالب

عنوان صفحه

مقدمه ---------- ۱

فصل اول: مقدمه ای بر لیزر و تکنولوژی نیم رسانا---------- ۳

۱.۱ لیزر---------- ۴

۱.۱.۱ گسیل خود به خود---------- ۴

۲.۱.۱ گسیل القایی---------- ۶

۳.۱.۱ تجمع معکوس---------- ۶

۴.۱.۱ لیزر چگونه تولید می شود؟---------- ۷

۵.۱.۱ ویژگی‌های نور لیزر---------- ۹

۶.۱.۱ انواع لیزرها---------- ۱۰

۲.۱ نیم رسانا---------- ۱۴

۱.۲.۱ نیم رساناهای آلایش یافته---------- ۱۴

۲.۲.۱ اتصالات(پیوندهای) نیم رسانا---------- ۱۵

۳.۱ ساختار های نامتجانس---------- ۱۷

۴.۱ ترانزیستور دوقطبی---------- ۱۹

۱.۴.۱ ناحیه کار ترانزیستورها---------- ۲۱

۲.۴.۱ کاربرد ترانزیستورها---------- ۲۲

۳.۴.۱ ترانزیستور های دوقطبی ساختار نامتجانس----------۲۲

۵.۱ دیود لیزری نیم رسانا----------۲۴

۱.۵.۱ تجمع معکوس در لیزرهای نیم رسانا----------۲۵

۲.۵.۱ لیزرهای ساختار نامتجانس----------۲۶

۳.۵.۱ لیزر چاه کوانتومی----------۲۸

۶.۱ مدولاسیون----------۳۰

۱.۶.۱ مدولاسیون پهنای باند لیزر----------۳۱

۲.۶.۱ رزونانس لیزر----------۳۱

۳.۶.۱ دینامیک حامل----------۳۲

فصل دوم: ترانزیستور لیزری----------۳۴

۱.۲ معرفی اجمالی و تاریخچه ترانزیستور لیزری----------۳۵

۲.۲ عملکرد پایه ای و مشخصات----------۳۷

۳.۲ انتقال حامل و دینامیک حامل- فوتون----------۴۲

۴.۲ مدولاسیون جریان بیس و مدولاسیون ولتاژ کلکتور TL ----------۴۶

۵.۲ مدار معادل----------۵۲

فصل سوم: محاسبه پاسخ فرکانسی----------۵۶

۱.۳ تحلیل معادلات ترانزیستور لیزری----------۵۷

۱.۱.۳ تحلیل کلی---۵۸
۲.۱.۳ تحلیل DC---۶۰
۳.۱.۳ تحلیل AC---۶۱
۴.۱.۳ تحلیل فازوری---۶۲
۲.۳ اعمال شرایط غیرخطی در معادلات آهنگ---۶۴

فصل چهارم: محاسبه نتایج---۷۰
۱.۴ چگالی فوتون در حالت DC---۷۲
۲.۴ پاسخ فرکانسی در حالت امیتر مشترک---۷۲
۳.۴ پاسخ فرکانسی در حالت بیس مشترک---۷۳
۴.۴ نتیجه گیری---۷۴
منابع---۷۶
Abstract---۸۱

فهرست شکلهای فصل اول

شکل۱.۱: شماتیک فرآیند های جذب ،گسیل خودبخودی و گسیل القایی----------۵

شکل۲.۱: دو نیم رسانای نوع n و p قبل و بعد ازاتصال----------۱۵

شکل۳.۱: پیوند n- p در حالت غیرتعادلی تحت اعمال بایاس مستقیم----------۱۶

شکل۴.۱: مشخصه ی جریان ــ ولتاژ پیوند n- p ----------۱۶

شکل۵.۱: دو نوع ساختار نامتجانس متشکل از دو ماده ی A وB---------- ۱۸

شکل۶.۱: شماتیک ساختارنامتجانس دوگانه----------۱۸

شکل۷.۱: ترانزیستور دوقطبی نوع n- p- n تحت بایاس مستقیم پیوند امیتر- بیس وبایاس معکوس پیوند------۱۹

شکل۸.۱: پروفایل باندی BJT نوع n- p- n قبل از اعمال بایاس----------۲۰

شکل۹.۱: پروفایل باندی BJT نوع n- p- n تحت بایاس در ناحیه فعال----------۲۰

شکل۱۰.۱: شماتیک HBT، برای ساختار AlGaAs/GaAs---------- ۲۳

شکل۱۱.۱: پروفایل باندی ترانزیستور دوقطبی ساختار نامتجانس----------۲۳

شکل۱۲.۱: در این شکل شار الکترونی تزریقی و بازتابشی در اتصال امیتر- بیس و هم چنین جمع آوری شار الکترونی و شار باز تزریقی در اتصال بیس- کلکتور مشاهده می شود----------۲۴

شکل۱۳.۱: پروفایل باندی دیود لیزری و ایجاد تجمع معکوس بر اثر اعمال بایاس مستقیم----------۲۶

شکل۱۴.۱: لیزر ساختار نامتجانس دوگانه در حالت تعادل و هم چنین تحت بایاس مستقیم----------۲۷

شکل۱۵.۱: پروفایل باندی و چگالی حامل ها در *a)* لیزر ساختار نامتجانس یگانه و *b)* لیزر ساختار نامتجانس دوگانه---۲۷

شکل۱۶.۱: محصور سازی حامل ها و نور در لیزرهای ساختار نامتجانس دوگانه----------۲۸

شکل۱۷.۱: پروفایل باندی و چگالی حالت ها در لیزر چاه کوانتومی----------۲۹

شکل۱.۱۸: محصورسازی حامل ها و نور در لیزرهای چاه کوانتومی---------- ۳۰

فهرست شکلهای فصل دوم

شکل۱.۲: جریان الکترون و حفره در (a) یک LED (b) یک HBT (c) یک LET در حالت فعال---------- ۳۸

شکل۲.۲: دیاگرام یک فرستنده نوری که از یک LET و HPT استفاده می کند---------- ۴۰

شکل۳.۲: مجتمع سازی (a) HBT و LD (b) HBT و TL---------- ۴۲

شکل۴.۲: شماتیک مدل کنترل بار برای انتقال حامل در ناحیه بیس یک HBLET با یک کلکتور نوری QW (یک تله بزرگ) که در جلوی کلکتور الکتریکی وارد شده است---------- ۴۴

شکل۵.۲: شماتیک باند انرژی و توزیع جمعیت بار در (a) یک لیزر ساختار نا متجانس p-i-n (b) یک لیزر HBT n-p-n ---------- ۴۸

شکل۶.۲: شکل موج خروجی نوری برای یک لیزر نیمه هادی به ازای طول عمرهای مختلف---------- ۴۹

شکل۷.۲: دیاگرام باند یک TJ-TL به همراه یک کاواک رزوناتور---------- ۵۰

شکل۸.۲: وابستگی خروجی نوری TJ-TL به ولتاژ کلکتور-امیتر---------- ۵۱

شکل۹.۲: مدل فیزیکی معادل با یک HBT با در نظر گرفتن المانهای الکتریکی و نوری---------- ۵۴

فهرست شکلهای فصل سوم

شکل۱.۳: شماتیک انتشار حامل و گیر اندازی کوانتومی در QW و دیاگرام انرژی باند هدایت در ناحیه بیس. امیتر در سمت چپ بیس ($x < -\frac{W_B}{2}$) و کلکتور در سمت راست بیس ($x > \frac{W_B}{2}$) قرار دارد---------- ۵۷

فهرست شکلهای فصل چهارم

شکل۱.۴: نمودار چگالی حامل و بهره جریان---------- ۷۱

شکل۲.۴: پاسخ فرکانسی ترانزیستور در حالت امیتر مشترک و کلکتور مشترک---------- ۷۲

شکل۳.۴: پاسخ فرکانسی امیتر مشترک در حالت خطی و حالت غیرخطی----------۷۳

شکل۴.۴: پاسخ فرکانسی بیس مشترک در حالت خطی و حالت غیرخطی----------۷۴

نام‌خانوادگی: مظلوم نام: جواد

عنوان پایان‌نامه:

بررسی اثرات غیرخطی بر معادلات آهنگ و پاسخ فرکانسی ترانزیستور لیزری

استاد راهنما: دکتر علی بهاری

درجه‌ی تحصیلی: دانشیار رشته: فیزیک گرایش: اتمی- مولکولی

محل تحصیل: دانشگاه لرستان دانشکده: علوم‌پایه گروه آموزشی: فیزیک

تاریخ فارغ‌التحصیلی: ۱۳۹۳/۰۷/۲۸ تعداد صفحه: ۸۱

کلید واژه‌ها:

فارسی: ترانزیستور لیزری-معادلت آهنگ- پاسخ فرکانسی- اثرات غیرخطی

انگلیسی: laser transistor, rate equations, frequency response, nonlinear effects

چکیده:

ترانزیستور لیزری (TL) یک ترانزیستور دو قطبی پیوند نامتجانس است که یک چاه کوانتومی در بیس آن تعبیه شده است که باعث گسیل نور در یک طول موج وسیع می شود. شدت نور خروجی با استفاده از چاه کوانتومی در بیس TL افزایش می یابد. ترانزیستور لیزری که به عنوان یک ترانزیستور و یک لیزر به طور همزمان عمل می کند امپدانس خروجی زیاد با بهره جریان در محل پیوند بیس-کلکتور و گسیل لیزر حاصل از بازترکیب الکترون-حفره در بیس را تأمین می کند.

TL یک راه جدید برای کاربردهای فوق سریع در مخابرات و ارتباطات نوری، و مدارات مجتمع اپتو الکترونیکی ایجاد کرده است. این قطعه می تواند سیگنالهای بسیار سریع نوری و الکتریکی با پهنای باند و توان زیاد را به وجود آورد. ترانزیستورهای دو قطبی ساختار نامتجانس (HBTs) با گاف باند وسیع در کاربردهای سوئیچینگ فرکانس بالا، مخابرات و رادار مناسب می باشند. TL یا ترانزیستور لیزری پیوندی دو قطبی ساختار نامتجانس (HBJTL) با تعبیه نمودن یک چاه کوانتومی (QW) که به عنوان کلکتور نوری عمل می کند در بیس یک ترانزیستور پیوندی دو قطبی ساختار نامتجانس (HBJT) ساخته می شود.

در این پایان نامه تأثیر "جایگزینی طول عمر حامل با عوامل غیرخطی در معادلات آهنگ" به عنوان یک اثر غیرخطی ساختاری در بهره و پهنای باند مدولاسیون نوری مورد بررسی قرار گرفته است. ما یک مدل تئوری از تأثیرات بهره غیرخطی بر ترانزیستور لیزری چاه کوانتومی دو قطبی ساختار نامتجانس InGaAs/GaAs را مورد مطالعه قرار داده ایم. محاسبات نشان می دهد که افزایش بهره باعث افزایش پهنای باند ترانزیستور لیزری می شود.

مقدمه

اولین قطعه پردازنده اطلاعات درالکترونیک حالت جامد (ترانزیستور) در سال ۱۹۴۸ توسط جان باردین و والتر بریتمن کشف شد. در این قطعه که ترانزیستور دوقطبی نام گرفت جریان بیس کلید عملکرد و کنترل کننده جریان خروجی محسوب می شود. اولین دیود لیزری نیز در سال ۱۹۶۲ تولید شد. به این ترتیب ترانزیستور بیش از ۶۰ سال و دیود های لیزری بیش از ۵۰ سال است که مورد استفاده قرار گرفته است. بعد از اختراع دیود لیزری نیاز به قطعه ای مشابه ترانزیستور برای ادوات نوری به عنوان پایه ای ترین عنصر پردازنده اطلاعات در فوتونیک و الکترونیک نوری احساس شد. به همین دلیل مطالعات و تحقیقات زیادی روی چنین قطعه ای آغاز شد. به گونه ای که حدوداً در سال ۱۹۸۰ یک گروه تحقیقاتی در انیستستو تکنولوژی کالیفرنیا موفق به ساخت قطعه ای آزمایشگاهی شدند که آن را Trans laser نامیدند. در این قطعه یک ترانزیستور به وسیله یک سیم رابط با دیود لیزری مجتمع شده بود به طوری که در خروجی قادر به تولید هر دو سیگنال الکتریکی و نوری بود. اما مشکل بزرگ این قطعه این بود که دو سیگنال الکتریکی و نوری هم زمان نبودند. تحقیقات ادامه داشت تا اینکه محققان در سال ۱۹۹۲ موفق به طراحی و ساخت یک ترانزیستور دو قطبی از جنس InGaAs شدند که از خود نور گسیل می کرد اما این ترانزیستور نیز در دماهای خیلی پایین و نزدیک به دمای نیتروژن مایع کار می کرد. در اوایل قرن ۲۱ ساخت وتوسعه ترانزیستورهای دوقطبی نامتجانس HBT از جنس InGaAs/InP باعث به وجود آمدن ادوات با سرعت و فرکانس بالا شد. به طوری که HBT پرسرعت ایندیمی این زمینه را فراهم کرد تا در سال ۲۰۰۶ اولین ترانزیستور لیزری با این قابلیت که در ورودی سیگنال الکتریکی را دریافت و در خروجی هردو سیگنال الکتریکی و نوری گسیل کند ساخته شود.

به طور خلاصه تا قبل ازاختراع ترانزیستور لیزری در سال ۲۰۰۶ قطعه ای ساخته نشده بود که کار پردازش اطلاعات را در الکترونیک نوری و فوتونیک انجام دهد.

ترانزیستور لیزری دارای مشخصه های کاربردی طول عمر سریع خودبخودی حامل، بهره دیفرانسیلی بالا و مشخصه های الکتریکی-نوری سه پایانه ای برای بازخوانی مستقیم مشخصه های نوری خود است. این مشخصه ها به طور بالقوه به ویژگی های ممتازی برای طراحی فرستنده های سرعت بالا تبدیل می شوند که بدون محدودیت های تشدیدی رزونانس که یک ویژگی مشترک در عملکرد

لیزرهای دیودی نیم رسانا (دو پایانه ای) است، عمل می کنند. این مشخصه های ترانزیستور لیزری با در نظر گرفتن انتقال حامل و کوپلینگ فوتون و دینامیک های بازترکیب مکانیک-کوانتومی، الکترون ــ حفره در عملکرد ترانزیستور لیزری مورد بررسی قرار می گیرند.

هدف از این پایان نامه بررسی اثرات غیرخطی ساختاری ناشی از فرآیندهای گیراندازی و فرار حامل ها در چاه کوانتومی روی پاسخ فرکانسی ترانزیستورلیزریAlGaAs/GaAs بر اساس ساختارهای چاه کوانتومی InGaAs/GaAs می باشد.

فصل ۱

مقدمه ای بر لیزر و تکنولوژی نیم رسانا

۱.۱ لیزر[1]

لیزر در واقع نوعی نور است و با توجه به محیط فعالش در قسمت‌های مختلف طیف موج‌های الکترومغناطیسی قرار می گیرد. یک سیستم لیزری از محیط فعال، آینه های لیزر و وسیله دمش (پمپاژ) تشکیل شده است [۱]. به طور کلی ساختار یک لیزر شامل آینه هایی است که با روش های مختلف و پیشرفته لایه گذاری ساخته می شوند، به طوری که آینه خروجی دستگاه که باریکه لیزری ازآن خارج می شود نیمه بازتاب و آینه اولی کاملاً بازتاب کننده می باشد، آینه های لیزری به دو صورت می توانند روی سیستم سوار شوند:

۱. آینه های داخلی: که روی تیوب نصب می شوند.

۲. آینه های خارجی: نسبت به آینه های داخلی دارای مزایایی هستند از جمله این که این آینه ها در تماس با محیط خارجی فرسایش نمی یابند و قابلیت انعطاف بیشتری دارند.

روشهای دمش (پمپاژ) لیزری:

۱. دمش نوری لیزر: لامپ- فلاش نور لیزر (در لیزرهای حالت جامد به خاطر پهنای گذار تابشی)

۲. دمش الکتریکی لیزر (در لیزرهای گازی)

خود دمش لیزری با طرح های مختلفی انجام می گیرد. برای درک مفاهیم عمل لیزر، لازم است یک سری مفاهیم پایه ای شامل عبارات مهم گسیل خود به خودی، گسیل القایی، تجمع معکوس و همدوسی و جهت مندی کاملاً تشریح شوند.

۱.۱.۱ گسیل خود به خود[2]

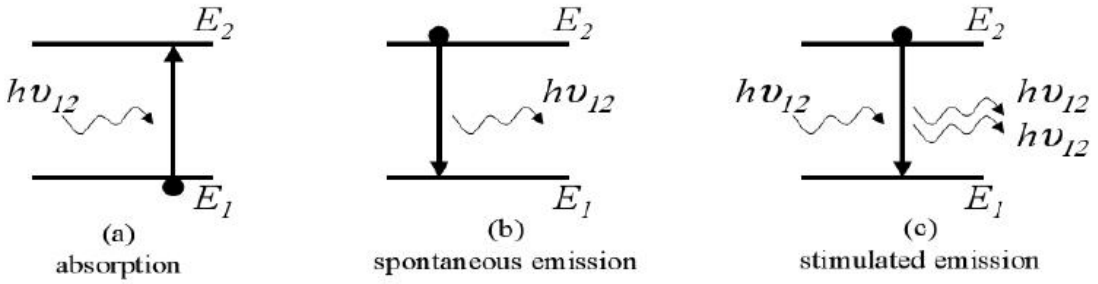
هر اتم از سه قسمت الکترون، پروتون و نوترون تشکیل شده‌است که علت اصلی ایجاد لیزر، جابه‌جایی الکترون‌ها بین لایه‌های الکترونی است که هم‌اکنون به تشریح کامل آن می‌پردازیم.

1. Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
2. Spontaneous Emission

همانطور که می دانیم الکترون در اتم بر روی مداری که از نظر انرژی مشخص شده‌است، در گردش‌اند. حال فرض کنیم که الکترونی به طریقی، مثلاً بوسیله تحریک الکتریکی به ترازی با انرژی زیادتر انتقال داده شده باشد. بدیهی است که این الکترون تمایل دارد که به مدار پایینتر، یعنی مداری که انرژی آن کمتر است، فروافتد. در این فروافت، الکترون مقداری از انرژی خود را به صورت انرژی الکترومغناطیسی از دست می‌دهد.

می‌دانیم که اگر E_2 و E_1 به ترتیب انرژی مربوط به ترازهای با انرژی بالاتر و پایینتر اتم باشد، فرکانس نور گسیل شده از رابطه $E_2 - \mathrm{E_1} = \mathrm{h\nu}$ به دست می‌آید. این فرآیند را گسیل خود به خود (گسیل تابشی) می گویند. نوری که برای روشنایی منازل از آن استفاده می کنیم، یا نوری که از خورشید به ما می رسد و یا چراغ‌های نئونی که برای تزیین سردرهای فروشگاه‌ها به چشم می خورد، همگی حاصل تابش خود به خود است.

حال اگر بخواهیم الکترونی را در یک اتم از تراز پایینتر (انرژی کمتر) به تراز بالاتر (انرژی بیشتر) انتقال دهیم، باید مقداری معین انرژی صرف کنیم. یعنی از نظر مقدار، درست برابر با همان انرژی است که الکترون در صورتی که از مدار بالاتر به مدار پایینتر سقوط می کرد باید پس می‌داد. این فرآیند را جذب می گویند. پس باید در ابتدا عمل جذب صورت گیرد تا منجر به گسیل خود به خود شود.



شکل۱.۱: شماتیک فرآیند های جذب ،گسیل خودبخودی و گسیل القایی

۲.۱.۱ گسیل القایی[3]

تابش فرآیندی است که طی آن گرما می تواند انتقال یابد. توان تابیده به ضریب گسیل Σ بستگی دارد که تابش را به خوبی جذب می کند و جسمی که سطحش صاف و کالاً سیاه باشد (یعنی جذب کننده کامل باشد) گسیلنده‌ی کامل نیز هست که ضریب گسیل آن $\Sigma=1$ است وقتی جسمی گرم شود، هم شدیدتر تابش می کند و هم رنگش عوض می شود، مانند دسته‌ی لامپ التهابی. البته شدت این تابش به طول موج دما بستگی دارد. پلانک سعی کرد فرمولی برای این موضوع بیان کند. از این رو این نظریه به نظریه پلانک است.

انیشتین با استفاده از نظریه‌ی تابش جسم سیاه توانست اثبات کند، علاوه بر تابش خود به خود تابش القایی نیز فوتون تولید می کند. شرح آن به صورت زیر است:

وقتی یک الکترون در تراز بالا قرار دارد، با برخورد به یک فوتون دیگر، مجبور به واکنش با آن فوتون و سقوط به تراز انرژی پایینتر می شود در اینجا فوتون القاکننده به حرکت خود ادامه می‌دهد و فوتون القا شونده در اثر رها شدن انرژی الکترون به دست می‌آید. فوتون اول (القاکننده) و فوتون دوم (القا شونده) هر دو هم فاز و همراه هستند. به این پدیده گسیل القایی میگوییم. زیرا یک فوتون تولید، یک فوتون دیگر را بر می‌انگیزد.

در لیزر نور از طریق گسیل القایی ایجاد می شود. در ضمن واژه لیزر به خاطر همین فرآیند انتخاب شده است، یعنی از به هم پیوستن حروف اول عبارتی انگلیسی به معنای تقویت نور به وسیله‌ی تابش گسیل القایی.

از تفاوت گسیل القایی و خود به خود می توانیم تا حدودی به خصوصیات لیزر پی ببریم:

۱. در گسیل خود به خود فوتون‌ها هم فاز نیستند، در حالی که در گسیل القایی همه فوتون‌ها در یک جهت منتشر می شوند.

۲. نور حاصل از گسیل خود به خود ناهمدوس و نور حاصل از گسیل القایی همدوس است.

۳.۱.۱ تجمع معکوس[4]

3. Stimulated Emission
4. Population Inversion

از دیگر مفاهیمی که برای لیزر با وجود گسیل القایی حائز اهمیت بوده تجمع معکوس است. با در نظرگرفتن دو سیستم انرژی دو ترازه که در یکی از آن ها اتمی در حالت برانگیخته (بالا) و دیگری در حالت پایین باشد فرض کنید فوتونی با انرژی برابر اختلاف فاصله بین دو تراز به این اتم ها نزدیک شود. احتمال کدام یک از پدیده های جذب یا گسیل القایی بیشتر است؟ انیشتین نشان داد که تحت شرایط معمولی احتمال هر دو پدیده یکسان است. در این حالت برای مقایسه می توان به فاکتور دیگری پی برد این که در سیستمی که تعداد زیادی اتم (یا مولکول) وجود دارد، پدیده غالب بستگی به تعداد نسبی اتم های موجود در حالت بالایی و پایینی خواهد داشت. تجمع بیشتر (تعداد اتم های بیشتر) در تراز بالا سبب غالب بودن گسیل القایی خواهد شد، در صورتی که اگر تعداد بیشتری اتم در تراز پایین موجود باشند، فرآیند جذب بیشتر از گسیل القایی صورت می گیرد. پس برای غالب شدن گسیل القایی و در نتیجه لیزرزایی، لازم است که به تجمع تراز بالایی افزوده شود که تجمع آن بیشتر از حالت پایین باشد حالتی که به نام تجمع معکوس شناخته شده است. پس شرط اصلی لیزرزایی، اعمال و فراهم آوردن شرایطی برای رسیدن به حالت تجمع معکوس است.

۴.۱.۱ لیزر چگونه تولید می شود؟

هر لیزر قسمت‌های اساسی و مشخصی دارد که به شرح زیر است:

۱- چشمه‌ی انرژی: اغلب به صورت الکتریسیته است اما به جای آن می توان از نور معمولی، واکنش شیمیایی یا حتی لیزر دیگر بهره برد. یکی از متداولترین منابع انرژی به کار رفته در لیزرها لامپ درخش است. این لامپ شبیه لامپ درخش (فلاش) دوربین ولی خیلی قویتر از آن است. لامپ درخش باید اتم‌ها یا مولکول‌ها را به گونه‌ای سریعتر از آنکه بتوانند با گسیل عادی به حالت پایین برود، در یک حالت برانگیخته بگذارد.

۲- محیط فعال: محیط فعال مجموعه‌ای از اتم‌ها، مولکول‌ها یا یون‌هاست که بتواند انرژی را جذب و آزاد کند. این محیط فعال میتواند مثل یاقوت یا بلورهای دیگر جامد یا مثل رنگینه‌ها مایع و یا مثل گاز CO_2 باشد. باریکه لیزر فقط در محیط فعال تولید می شود. ماده فعال در واقع قلب دستگاه لیزر را تشکیل می‌دهد. در تعریف دیگر می توان گفت محیطی که بتوان در آن وارونگی جمعیت ایجاد کرد، محیط فعال نام دارد.

۳- ساز و کار پسخوراند: از دو سطح بازتابنده مثل آینه تشکیل شده است که در دو انتهای محیط فعال (مثل سطح تخت وصیقل داده شده‌ی یاقوت مصنوعی در لیزر مایمن) قرار میگیرد که یکی از آینه‌ها به نام "خفتگر" خروجی بازتابنده جزئی است. آینه‌های لیزر با دقت زیادی ساخته می شود. ماده به کار رفته برای ساخت آینه‌های دارای بازتابندگی بسیار زیاد باید در خلأ تبخیر شوند و به صورت لایه‌های بسیار نازکی به ضخامتی که ممکن است کمتر از ۰/۰۰۰۰۲ سانتی متر باشد، در روی صفحه‌های شیشه‌ای صیقلی رسوب کند. صفحه‌های شیشه‌ای که زیرانید نامیده می شوند به قدری تختند که هیچ فرورفتگی یا برآمدگی به عمق بزرگتر از ۰/۰۰۰۰۰۵ سانتی متر ندارد.

برای آنکه بتوانیم اتم‌ها را از تراز پایینتر به تراز بالاتر بفرستیم احتیاج به یک منبع تحریک داریم و به فرآیندی که بدان وسیله اتم‌ها به تراز تحریکی انتقال داده میشوند پمپاژ (دمش) می گویند. در لیزرهای جامد (نظیر یاقوت و یا نئودیمیئوم یاگ) از لامپ‌های درخش که در زمانی حدود چند صد میلیونیم ثانیه فعال می شوند استفاده می کنند. این روش را پمپاژ اپتیکی می گویند.

در لیزرهای گازی توسط یک منبع الکتریکی خارجی عمل پمپاژ را پمپاژ الکتریکی می گویند که علت اصلی کاربرد آن در لیزرهای گازی تبدیل گاز به پلاسما به وسیله تخلیه الکتریکی است.

دو نوع پمپاژ اصلی داریم: ۱- پمپاژ ذره‌ای ۲- پمپاژ پیوسته

که تفاوت آن‌ها به شرح زیر است:

- در پمپاژ لحظه‌ای عمل پمپاژ به صورت بخشی انجام میشود اما در پمپاژ مستمر عمل پمپاژ به صورت همیشگی و مستمر است.
- در پمپاژ ضربه‌ای نیازی به سرد کردن دستگاه نیست در حالی که در پمپاژ مستمر نیاز است.
- در پمپاژ ضربه‌ای پالس‌های ایجاد شده به صورت زنجیره است.
- قدرت لیزر در پمپاژ ضربه‌ای نسبت به پمپاژ مستمر بسیار بیشتر است. مثلا ّمیتوان لیزری به توان 10^{12} را در عرض 10^{-11} تا 10^{-12} ثانیه ایجاد کرد.

حال با توجه به مواد گفته شده می توان اصول کار لیزر را توضیح داد.

ماده فعال هر چه که باشد در بین دو آینه‌ی نقره‌اندود و نیمه نقره‌اندود که به ترتیب آینه‌ی ۱۰۰٪ و ۸۰٪ گفته می شود قرار می گیرد. سپس عمل پمپاژ انجام شده و الکترون‌ها به تراز انرژی بالاتر می روند تا در هنگام بازگشت به حالت پایه فوتون گسیل شود و این فوتون‌ها با الکترون‌های در تراز بالا برخورد کرده و عمل گسیل القایی صورت میگیرد. این فوتون‌ها با هم حرکت کرده و در هر جابه‌جایی

میان آینه‌ها تعداد آن‌ها دو برابر می شود. فوتون‌ها در اثر برخورد با آینه‌ی ۱۰۰٪ به طور کامل باز می گردند اما در اثر برخورد با آینه‌ی ۸۰٪ تنها ٪۸۰ فوتون‌ها باز می گردد و ٪۲۰ دیگر از دستگاه خارج می شود که در واقع همان نور لیزری است که ما می بینیم.

نگه‌دارهای مکانیکی بسیار دقیقی برای ثابت نگهداشتن آینه‌ها و میله‌ی لیزر لازم است تا گسیل القایی را دقیقاً در امتداد میله لیزر برگرداند. اگر فوتون‌ها روی خودشان بازتاب نیابند، لیزر کار نخواهد کرد.

همه فرآیندهای نوری از جمله ایجاد بلورهای میله‌ی لیزر، ساخت آینه‌ها و صیقل دادن دو انتهای میله لیزر باید در شرایط کاملا عاری از آلودگی انجام شود. در این موارد از اتاق‌های خاصی به نام اتاق تمیز استفاده می شود که هیچ گرد و خاک و رطوبت ندارد به ویژه هنگام ساخت بلورهای لیزر پرهیز کردن از آلودگی مهم است، زیرا مقدار بسیار کمی از ناخالصی می تواند کارکرد لیزر را متوقف کند.

برای کاربردهای مختلف از لیزر ناچاریم که خروجی آن را کنترل کنیم. مثلا″ متمرکز کردن پرتو روی فلزها، انحراف دادن باریکه، ساختن تپ لیزری .

لازم به ذکر است که خروجی لیزر به دو عامل محیط فعال و کاواک وابسته است. برای مثال برای جهت داشتن یک لیزر از نوع گازی باید فشار گاز را افزایش دهیم.

لیزرها را برحسب محیط فعالشان نامگذاری می کنند. مثلا″ در لیزر رودامین که مایع رنگینه فلوئورسانسی است به عنوان ماده فعال استفاده می شود یا در لیزر نیمه رسانا یا دیودی از بلورها که بخش کوچکی از وسایل الکترونی را تشکیل می‌دهند، به عنوان ماده فعال استفاده می کنند.

۵.۱.۱ ویژگی‌های نور لیزر

۱- نور لیزرها طول موج یکسانی دارد. به همین دلیل به آن نور خالص می گویند. امواج نوری لیزر هم زمان با هم گام برمی‌دارند و هم فاز هستند و قله هر موج با قله موج دیگر یکی است. از این جهت، به نور لیزر همدوس می گویند.

۲-به علت یکسان بودن طول موج یا بسامد، نور لیزر هنگام عبور از منشور تجزیه نمی شود و به صورت باریکه کوچکی خارج می شوند. (به همان صورت که داخل شده است)

۳- جهتمندی از خصوصیات دیگر نور لیزر است. نور لیزر چنانچه در محیط جذب نشود می تواند فواصل زیادی را طی کند بدون آنکه در واگرایی آن تغییر زیادی ایجاد شود.