بسم الله الرحمن الرحيم

١٤٤١١١

# دانشگاه پیام نور

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته فیزیک اتمی

دانشگاه پیام نور مرکز شیراز
گروه علمی فیزیک

## عنوان پایان نامه:

بررسی تحلیلی معادلات آهنگ در لیزرهای فیبری دو غلافه و استخراج تابع توزیع دما درون فیبر در حالت عملکرد.

استاد راهنما: دکتر پرویز الهی

استاد مشاور: دکترعبدالرسول قرائتی

نگارش: ناصر زارع

۱۳۸۹/۸/ ۲

مرداد ماه ۱۳۸۸

ا
۱۴۴۱۱۱

**دانشگاه پیام نور**

**بسمه تعالی**

**تصویب پایان نامه**

پایان نامه تحت عنوان**"بررسی تحلیلی معادلات آهنگ در لیزرهای فیبری دو غلافه و استخراج تابع توزیع دما درون فیبر در حالت عملکرد"** که توسط **ناصر زارع** در مرکز شیراز تهیه و به هیأت داوران ارائه گردیده است مورد تأیید می باشد. تاریخ دفاع:۱۳۸۸/۰۵/۱۱ نمره: ۱۹درجه ارزشیابی: عالی

**اعضای هیأت داوران:**

| نام و نام خانوادگی | هیأت داوران | مرتبه علمی | امضاء |
|---|---|---|---|
| ۱- دکتر پرویز الهی | استاد راهنما | استادیار | |
| ۲- دکتر عبدالرسول قرائتی | استاد مشاور | دانشیار | |
| ۳- دکتر حمید نادگران | استاد داور | دانشیار | |
| ۴- دکتر حسین توللی | نماینده تحصیلات تکمیلی | دانشیار | |

# تقدیم به

---

فرشته کوچولوی زندگی ام بنیامین و فرشته نگهبانش - همسرم- مرضیه.

# سپاسگزاری

حال که به یاری ایزد منان این پایان‌نامه به پایان رسیده‌است، بر خود ضروری می‌دانم که از زحمات استاد عزیز جناب آقای دکتر الهی بابت راهنمائیهای مفید و ارزنده‌شان و صبر و دلسوزی که در این راه متحمل شده‌اند و همچنین استاد گرامی جناب آقای دکتر قرائتی بابت آموزه‌های ارزنده‌شان در طول دوران تحصیل و جناب آقای دکتر نادگران که افتخار شاگردی ایشان را نیز در سالهای گذشته داشته‌ام صمیمانه تشکر نمایم.

# چکیده

**بررسی تحلیلی معادلات آهنگ در لیزرهای فیبری دو غلافه و استخراج تابع توزیع دما درون فیبر در حالت عملکرد.**

## بوسیله‌ی

ناصر زارع

در این پایان نامه ابتدا تجزیه تحلیلی معادلات آهنگ لیزرهای فیبری دو غلافه Yb:Glass تحت دمش انتهائی تاپ- هت مورد مطالعه قرار گرفته‌است و تابع تحلیلی تقریبی توزیع توان لیزر در طول فیبر با در نظر گرفتن اتلاف پراکندگی به‌دست آمده است. مقایسه‌ای بین حل تحلیلی و حل عددی دقیق صورت گرفته‌است. نتایج به-دست آمده نشان می‌دهد که تابع تحلیلی توان لیزر توزیع شده درون فیبر صحیح است. با استفاده از توان‌های به‌دست آمده از حل معادله آهنگ، چگالی توان گرمائی استخراج شده، به حل معادله انتقال حرارت پرداخته شده‌است. در انتها توابع توزیع دما در هسته و غلاف به‌دست آمده و نمودارهای مربوطه برای حالت‌های مختلف ترسیم شده‌است.

# فهرست مطالب


**فصل ۱ تاریخچه** ..... ۱

۱-۱ تاریخچه ..... ۱

۱-۲ تکفامی ..... ۴

۱-۳ همدوسی ..... ۴

۱-۴ جهتمندی ..... ۵

۱-۵ درخشندگی ..... ۵

۱-۶ انواع لیزر ..... ۵

۱-۶-۱ لیزرهای گازی ..... ۶

۱-۶-۲ لیزرهای مایع ..... ۶

۱-۶-۳ لیزرهای حالت جامد ..... ۶

۱-۶-۴ لیزرهای نیم رسانا ..... ۷

۱-۶-۵ لیزرهای فیبری ..... ۸

۱-۷ اجزای اصلی تشکیل دهنده لیزر ..... ۸

۱-۸ تشدید کننده های نوری ..... ۹

۱-۹ آئینه های لیزری ..... ۱۰

۱-۱۰ آرایش آئینه های لیزری ..... ۱۱

**فصل ۲ فیبر نوری** ..... ۱۲

۲-۱ مقدمه ..... ۱۲

۲-۲ مواد لازم در فرایند ساخت پیش سازه ..... ۱۴

۲-۳ مراحل ساخت ..... ۱۵

۲-۴ فیبرهای با ضریب شکست پله ای ..... ۱۶

۲-۵ پرتوهای مداری ..... ۱۷

۲-۶ پرتوهای مورب ..... ۱۸

۲-۷ گشودگی عددی ..... ۱۹

۲-۸ فیبرهای با ضریب شکست تدریجی ..... ۲۰

**فصل ۳ برهمکنش تابش با ماده** ..... ۲۲

۳-۱ اصول کلی تابش ..... ۲۲

۳-۱-۱ گسیل خودبه خودی ..... ۲۴

۳-۱-۲گسیل القائی ..... ۲۵

۳-۱-۳ جذب ..... ۲۶

۳-۲ وارونی جمعیت ..... ۲۷

۳-۳ فرایندمش ..... ۲۸

۳-۴ دمش اپتیکی ..... ۳۰

۳-۴-۱ انواع دمش اپتیکی ..... ۳۰

۳-۴-۲ دمش دیودی ..... ۳۱

۳-۴-۲-۱ دمش دیودی طولی ..... ۳۱
۳-۴-۲-۲ دمش دیودی عرضی ..... ۳۲
۳-۵ تداوم زمانی دمش ..... ۳۲
۳-۵-۱ دمش پیوسته ..... ۳۳
۳-۵-۲ دمش پالسی ..... ۳۳
۳-۶ پروفایلهای دمش ..... ۳۳
۳-۶-۱ پروفایل همگن ..... ۳۳
۳-۶-۲ پروفایل تاپ-هت ..... ۳۴
۳-۶-۳ پروفایل گاوسی ..... ۳۴
۳-۶-۴ پروفایل سوپر گاوسی ..... ۳۵
**فصل ۴ اثرات حرارتی** ..... ۳۶
۴-۱ مقدمه ..... ۳۶
۴-۲ تاریخچه بررسی اثرات حرارتی در لیزرهای حالت جامد ..... ۳۶
۴-۳ اثرات ناشی از ایجاد گرما در کریستال ..... ۳۸
۴-۳-۱ اثر عدسی گرمائی ..... ۳۹
۴-۳-۲ اثرات انتهائی ..... ۴۰
۴-۳-۳ اثر تنش حرارتی ..... ۴۱
**فصل ۵ حل تحلیلی معادلات آهنگ** ..... ۴۳

۵-۱ مقدمه ..... ۴۳

۵-۲ معادلات آهنگ ..... ۴۴

۵-۳ تحلیل نظری ..... ۴۶

**فصل ۶ محاسبه تابع توزیع دما** ..... ۵۲

۶-۱ حل معادله انتقال حرارت ..... ۵۲

بحث و نتیجه گیری ..... ۶۹

مراجع ..... ۶۷

# فهرست اشکال


شکل ۱-۱: طرحهای مختلف از مشددها ..... ۱۰

شکل ۲-۱: نمائی از فیبر دو غلافه ..... ۱۶

شکل ۲-۲: مسیر یک پرتو مداری ..... ۱۸

شکل ۲-۳: مسیر یک پرتو مورب که از صفحه گذرنده محور فیبر در فاصله R می‌گذرد..... ۱۸

شکل ۳-۱: مدل اتمی بوهر..... ۲۲

شکل ۳-۲: فرایندهای جذب و گسیل القائی و خودبه‌خودی ..... ۲۳

شکل ۳-۳: نمای کلی از فرایندهای جذب و گسیل القائی و خودبه‌خودی ..... ۲۷

شکل ۳-۴: نمای کلی دمش و ایجاد وارونی جمعیت در لیزر چهار ترازه ..... ۲۸

شکل ۳-۵: طرح دمش و فروافت در یک لیزر سه ترازه ..... ۲۹

شکل ۳-۶: طرح دمش و فروافت در یک لیزر چهارترازه ..... ۳۰

شکل ۳-۷: نمودار شدت در پروفایل دمش یکنواخت ..... ۳۴

شکل ۳-۸: نمودار شدت در پروفایل دمش تاپ – هت ..... ۳۴

شکل ۳-۹: نمودار شدت در پروفایل دمش گاوسی ..... ۳۵

شکل ۳-۱۰: نمودار شدت در پروفایل دمش سوپر گاوسی ..... ۳۵

شکل ۴-۱: نمائی از عدسی گرمائی ..... ۳۹

شکل ۵-۱: نمائی از فیبر مورد بررسی ..... ۴۴

شکل ۵-۲: نمائی از نمونه آزمایشی ..... ۴۵

شکل ۵-۳: نمودار توزیع توان دمش در طول فیبرحل تحلیلی ..... ۴۹

شکل ۵-۴: نمودار توزیع دمش در طول فیبرحل عددی ..... ۴۹

شکل ۵-۵: نمودار توزیع توان لیزردر طول فیبرحل تحلیلی ..... ۵۰

شکل ۵-۶: نمودار توزیع توان لیزردر طول فیبر حل عددی ..... ۵۰

شکل ۶-۱: نمودار تغییرات دمای هسته در طول فیبر درمرکز فیبر لیزر خاموش ..... ۵۷

شکل ۶-۲: نمودار تغییرات دمای هسته در طول فیبر در مرکز فیبر ..... ۵۷

شکل ۶-۳: نمودار تغییرات دمای هسته در طول فیبر برای در مرکز فیبرلیزر روشن ..... ۵۸

شکل ۶-۴: نمودار تغییرات دمای غلاف در طول فیبر در مرکز فیبرلیزر خاموش ..... ۵۸

شکل ۶-۵: نمودار تغییرات دمای غلاف در راستای شعاعی در ابتدای فیبر ..... ۵۹

شکل ۶-۶: نمودار تغییرات دمای غلاف در راستای شعاعی در ابتدای فیبر در حالت عملکرد..... ۵۹

شکل ۶-۷: نمودار تغییرات دمای هسته برحسب شعاع در ابتدای فیبرلیزر خاموش ..... ۶۰

شکل ۶-۸: نمودار تغییرات دمای هسته برحسب شعاع در ابتدای فیبر ..... ۶۰

شکل ۶-۹: نمودار تغییرات دمای هسته برحسب شعاع در ابتدای فیبرلیزر روشن ..... ۶۱

شکل ۶-۱۰: نمودار تغییرات چگالی توان گرمائی پمپ و لیزر در طول فیبر ..... ۶۱

شکل ۶-۱۱: نمودار تغیرات دمای هسته برحسب r,z لیزر خاموش ..... ۶۲

شکل ۶-۱۲: نمودار تغیرات دمای هسته برحسب r,z ..... ۶۲

شکل ۶-۱۳: نمودار تغیرات دمای هسته برحسب r,z لیزرروشن ..... ۶۳

شکل ۶-۱۴: نمودار تغیرات دمای غلاف برحسب r,z لیزر خاموش ..... ۶۳

شکل ۶-۱۵: نمودار تغیرات دمای غلاف برحسب r,z ..... ۶۴

شکل ۶-۱۶: نمودار تغیرات دمای غلاف برحسب r,z لیزرروشن ..... ۶۴

## فهرست جدول

جدول ۵-۱: مشخصات فیبر مورد بررسی.....۴۸

# فصل ۱

# تاریخچه

## ۱-۱ تاریخچه

در سال ۱۹۵۰ وبر و تاونز در آمریکا و باسوف و پروخوف در اتحاد جماهیر شوروی مستقل از یکدیگر استفاده از نشر برانگیخته را برای تقویت امواج پرتوی اتر پیشنهاد کردند. در سال ۱۹۵۴ تاونز و شاگردانش اولین تقویت‌کننده از این نوع را در دانشگاه کلمبیا ساختند که آن‌را میزر[۱] نامیدند. تا قبل از سال ۱۹۶۰ که اولین تقویت‌کننده نور (یعنی لیزر ) با موفقیت ساخته‌شد کارهای تحلیلی زیادی انجام‌گرفت. شالو[۲] و تاونز مهمترین محاسبات را انجام‌دادند و شرایط فیزیکی لازم برای ایجاد یک لیزر را در محیط جامد و یا گاز بیان‌کردند. به‌علاوه آن‌ها شرایط ساخت دستگاه‌های عملی نظیر بخارهای سزیم و پتاسیم تحریک‌شده توسط لیزر را مورد تحلیل قراردادند. آن‌ها حتی تحریک نوری چندین خط فلوئورسانس یاقوت را که بعدها مناسب‌بودنش برای مصرف لیزر مورد تایید قرارگرفت بررسی‌کردند.

در ایالات متحده آمریکا و اتحاد جماهیر شوروی در مورد ایجاد جذب منفی در گازها مطالعات زیادی انجام‌گرفت. در سال ۱۹۵۹ علی جوان و ساندرز[۳] در آزمایشگاه‌های بل کارآیی تحریک الکترونی و مبادله تحریک را برای فعال‌کردن گازها کشف‌کردند. این تحقیقات در اواخر سال ۱۹۶۰ منجر به ساخت لیزر هلیوم – نئون گردید. کمی بعد در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی هیوز، مایمن لیزر یاقوتی را کشف‌کرد. اندکی پس ازآن باسوف و همکارانش در موسسه لبدف[۴] مسکو بررسی ریاضی شرایطی را که تحت آن مبادله تحریک در مخلوطی از گازهای مختلف به جذب منفی منجر می شود انجام‌دادند. این بررسی کمی بعد از کشف جوان در سال ۱۹۶۰ انتشار یافت.

---

۱- MASER
۲-Schawlow
۳-Sanders
۴-Lebedev

قبل از اتمام سال ۱۹۶۰ سوروکین[۱] و استیونسون[۲] چگونگی کار یک لیزر حالت جامد چهار ترازه را اطلاع‌دادند. لیزرهای زیادی از این نوع در سالهای ۱۹۶۱ و ۱۹۶۲ کشف شدند. بزودی این موضوع آشکار شد که اگر یونهای خاکهای کمیاب در بعضی بلورها قرار بگیرند ماده لیزری مناسبی را تشکیل می‌دهند.

بررسی و تحقیق در مورد استفاده از نیمه‌هادیها به عنوان ماده لیزر در حدود سال ۱۹۵۹آغاز شد. باسوف محاسبات جالبی را در مورد امکان استفاده از فرایندهای مختلف برای تقویت نور در نیمه‌هادیها انتشار داد. ب . لاکس[۳] از آزمایشگاههای لینکلن[۴] و عده ای از محققین فرانسوی نیز کارهای نظری برجسته ای را منتشرکردند. در پایان سال ۱۹۶۲ بود که لیزرهای نیمه‌هادی واقعیت پیداکردند. در زمانی که نظریه‌پردازان کوشش خود را روی نیمه‌هادیهای خالص متمرکز کرده‌بودند تجربه‌گرها توانستند به کمک یک نیمه‌هادی مرکب یعنی اتصال p-n در GaAs به موفقیت دست‌یابند.

در پاییز ۱۹۶۲ خطوط بینابی یکی پس از دیگری کشف شدند. در اواسط سال ۱۹۶۴همه مردم شاهد پیشرفت‌های سریعی بودند؛ از جمله آشکار شدن بیش از ۵۰۰ خط بینابی لیزر در گازهای کمیاب و کشف چندین روش جدید تحریک لیزر به کمک یونها، اتمها و ملکولهای تمام عناصر مختلف. فهرستی از خطوط لیزر که در ماه اوت ۱۹۶۲ منتشر گردید تقریبا ۲۰ خط جدید را نشان می‌داد حال آن‌که در فهرستی که دو سال بعد منتشر گردید بیش از ۱۰۰۰ خط بینابی وجودداشت.

پیشرفت مسائل مربوط به لیزر بسیار سریع صورت‌گرفت به گونه‌ای که کشف لیزرهای جدید فقط مثالی از این پیشرفت است. خواص نشر شده توسط لیزرها دقیقا مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و به پارامترهای لیزر مرتبط شدند و هر روز که می‌گذشت لیزرهایی که قدرت آنها بیش از لیزرهای قبلی بود ساخته‌می‌شد و به‌نظر می‌رسید که این رشته پایانی ندارد. به‌علاوه کاربردهای جدیدی کشف می‌شد که به نوبه خود ساخت لیزرهای جدیدی را ایجاب‌می‌کرد. آزمایش‌های علمی زیادی که بر همدوسی بیشتر و شدت نور لیزر متکی بودند جامه عمل پوشیدند

---

۱-Sorokin
۲-Stevenson
۳-B – Lax
۴-Lincoln

حال آن‌که غیرممکن بود این آزمایش‌ها را بتوان با نورهای دیگر نشان‌داد. کاربردهای علمی، فنی، پزشکی و نظامی لیزر آن‌قدر متعددند که از آن‌ها نمی‌توان در اینجا نام‌برد.

تقویت و تولید نور توسط نشر برانگیخته به عنوان ادامه و توسعه فن میزر تلقی‌گردیدند. به این جهت محققین آزمایشگاه بل‌تلفن که این موضوع را کشف کرده‌بودند در این مورد اصطلاح میزرنوری را پیشنهاد کردند. به‌علاوه مسائلی که در محدوده امواج پرتو نورانی مطرح می‌شود آن‌قدر با مسائل مربوط به محدوده امواج پرتو اتر تفاوت‌دارد که جا دارد نام جداگانه‌ای برای آن قائل‌شد. برای نام گذاری جدید از کلمه لیزر[۱] استفاده شده‌است که ترکیب حروف اول کلمات

**Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation**

می‌باشد و به معنای " تقویت نور توسط گسیل القائی تابش" است. در حال حاضر این اصطلاح در تمام دنیا مورد قبول واقع‌شده‌است و ما هم در این‌جا آن‌را به‌کار می‌بریم و در عین‌حال توجه‌داریم که این کلمه همان معنی میزر نوری است.

بر خلاف اغلب اکتشافات علمی، لیزرها خیلی زود توجه عامه را به خود معطوف‌کردند؛ آن‌ها نه تنها قدرت تخیل دانشمندان، بلکه قوه خیال‌پردازی عوام را نیز تحریک‌کردند. با کشف لیزر، انسان با منابع نورانی تازه‌ای آشنا شد که هم از حیث موازی بودن اشعه خروجی و هم از لحاظ شدت پرتو، بر سایر چشمه‌های نوری ارجحیت بسیار دارد. این نور جدید به نوری که معمولا می‌بینیم شباهتی ندارد، خواص قابل ملاحظه آن، راه‌های تازه‌ای را برای تحقیقات و کاربردهای علمی، صنعتی و نظامی باز می‌کند[۱].

نور لیزر از نظر ماهیت هیچ تفاوتی با نور معمولی ندارد و تنها خواص فیزیکی لیزر، آن‌را از نورهای دیگر متمایز و پر اهمیت‌تر می‌کند. خواصی همچون ؛ تک‌فامی، همدوسی، جهت‌مندی و درخشندگی.

---

۱-Laser

## ۱-۲ تک‌فامی[۱]

همان‌طور که از نام آن پیداست در می‌یابیم که یک موج الکترومغناطیس تنها دارای یک فرکانس خاص باشد نه یک پهنا از فرکانس‌های مختلف و بدون آن‌که خیلی وارد جزئیات شویم می‌توانیم بگوئیم که این خاصیت از این شرط که تنها موج الکترومغناطیسی با فرکانس $\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$ می‌تواند تقویت شود و تنها نوسان در فرکانس‌های تشدید کاواک انجام‌می‌پذیرد ناشی می‌شود[۲].

## ۱-۳ همدوسی[۲]

برای هر موج الکترومغناطیس می‌توان دو مفهوم همدوسی یعنی همدوسی فضائی و همدوسی زمانی را تعریف کنیم.

برای تعریف همدوسی فضائی؛ در لحظه $t = 0$ دو نقطه مختلف را روی جبهه موج در نظر می‌گیریم و فرض می‌کنیم که میدان‌های متناظر آنها $E_1$ و $E_2$ باشند. بنا به تعریف اختلاف فاز میان دو میدان در ابتدا صفر است. اکنون اگر در هر لحظه دیگر این اختلاف فاز صفر بماند می‌گوئیم بین دو نقطه همدوسی کامل برقرار است. چنانچه برای هر دو نقطه دلخواه از جبهه موج چنین رابطه ای برقرار باشد می‌گوئیم موج دارای همدوسی کامل فضائی است.

برای تعریف همدوسی زمانی؛ میدان‌های الکتریکی موج الکترومغناطیس را در دو زمان مختلف در نظر می‌گیریم. اگر در زمان تاخیر (اختلاف زمان بین دو میدان ) اختلاف فاز دو میدان یکسان باقی‌بماند می‌گوئیم در این مدت زمان همدوسی زمانی وجوددارد. اگر این اختلاف فاز در هر زمان دیگری نیز یکسان بماند می‌گوئیم که موج الکترومغناطیس دارای همدوسی کامل زمانی است.

لازم به ذکر است که دو مفهوم همدوسی زمانی و مکانی مستقل از یکدیگرند[۲].

---

۱-Monochromatic
۲-Coherence

## ۱-۴ جهت‌مندی[۱]

این خاصیت نتیجه مستقیم این امر است که ماده فعال در داخل کاواک تشدیدی از نوع صفحه- موازی قرارمی‌گیرد. در واقع فقط موجی می‌تواند در کاواک دوام بیاورد که در امتداد کاواک منتشرمی‌شود [۲].

جهت‌مندی بالای لیزر باعث می‌شود که بتوان آن‌را در لکه بسیار کوچکی کانونی‌کرد و چنین شدت‌های بالای لیزری منجر به کاربردهای فراوان در صنعت نظیر جوشکاری و برش‌کاری و غیره می‌شود.

## ۱-۵ درخشندگی[۲]

بنابه تعریف، درخشندگی یک چشمه امواج الکترومغناطیسی عبارت‌است از توان گسیل شده از واحد سطح چشمه در واحد زاویه فضائی[۲]. با توجه به کوچک بودن زاویه فضائی پرتو لیزر، درخشندگی پرتو خروجی از لیزر بسیار بزرگتر از لامپ متناظر با همان توان تابشی است.

## ۱-۶ انواع لیزر

لیزرها بر اساس اینکه ماده فعال آنها از نظر فیزیکی دارای چه ماهیتی است به رده‌های زیر تقسیم می‌شوند:

الف: لیزرهای گازی

ب: لیزرهای مایع

ج: لیزرهای حالت‌جامد

---

۱-Directionality
۲-Luminance

د: لیزرهای نیم‌رسانا

ه: لیزرهای فیبری

## ۱-۶-۱ لیزرهای گازی

ماده فعال این‌گونه لیزرها گاز است که به صورت خالص یا همراه با گازهای دیگر مورد-استفاده قرارمی‌گیرند. بعضی از این مواد عبارتنداز؛ نئون به همراه هلیوم، دی اکسید کربن به همراه نیتروژن و هلیوم، آرگون، کریپتون و غیره.

## ۱-۶-۲ لیزرهای مایع

در این‌گونه لیزرها از مایعات به عنوان ماده فعال استفاده‌می‌شود. از مایعات بکاررفته در این نوع لیزرها اغلب به‌منظور تغییر طول موج یک لیزر استفاده‌می‌شود. بعضی از این مواد عبارتند از؛ تولوئن، بنزن و نیتروبنزن. گاهی محیط فعال بعضی از این لیزرها محلول‌های برخی ترکیبات آلی رنگین از قبیل مایعاتی نظیر اتانول، متانول یا آب است. این رنگ‌ها اغلب جزء رنگ‌های پلی-متین یا رنگ‌های اگزانتین و یا رنگ‌های کومارین هستند.

## ۱-۶-۳ لیزرهای حالت‌جامد

لیزرهای حالت‌جامد، لیزرهایی هستند که محیط فعال آن‌ها شامل بلور همراه با تزریق ماده ناخالصی است. یون‌های ماده ناخالص تزریق‌شده به بلور به‌عنوان ماده فعال به‌کاربرده‌می‌شود. در بیشتر لیزرهای حالت‌جامد تعدادی از یون‌های ماده فعال ماده میهمان، جای‌گزین تعدادی از یون‌های ماده میزبان می‌شود. معمولا این یون‌ها شامل یون دو یا سه ظرفیتی عناصر خاکی کمیاب مثل: $Yb^{3+}$ و $Er^{3+}$ و$Nd^{3+}$ وغیره و یون‌های فلزات واسطه مثل: $Cr^{3+}$ و $Nr^{3+}$ و غیره و یون‌های اکتانیدها مثل: $U^{3+}$ است.

گذارهایی که در عمل لیزر شرکت‌دارند حالت‌های متعلق به لایه‌های داخلی پرنشده‌اند. بنابراین، این گذارها تحت تاثیر میدان بلور واقع نمی‌شوند و کاملا تیزند یعنی $\tau$ (زمان واهلش از یک گذار به گذار پائینتر ) بزرگ است درنتیجه آهنگ دمش آستانه برای لیزر چهارترازی برای عمل لیزر به اندازه‌کافی پائین‌است. ماده میزبان با توجه‌به شرایط عمل لیزرها، باید دارای خواصی همچون سختی، بی‌اثر بودن از نظر شیمیایی، عدم وجود تنش درونی و تغییر ضریب‌شکست و سادگی از نظر ساخت باشد.

انواع گوناگون لیزرهای حالت‌جامد بر حسب نوع ماده فعالی که در آن به‌کار می‌رود عبارتند از: گارنت‌ها، آلومینیت‌ها، اکسی سولفات‌ها، فسفات‌ها و سیلیکات‌ها، فلورایدها، سرامیک‌ها و وانادات‌ها.

## ۱-۶-۴ لیزرهای نیم‌رسانا[۱]

این نوع لیزرها به لیزرهای دیودی یا تزریقی نیز معروفند. نیم‌رساناها از دو ماده که یکی کمبود الکترون داشته ( نیم رسانای نوع p ) و دیگری که الکترون اضافی دارد ( نیم رسانای نوع n ) تشکیل‌شده‌اند. وقتی این‌دو به یک‌دیگر متصل می‌شوند در محل اتصال، ناحیه‌ای به نام منطقه اتصال p-n بوجودمی‌آید. این منطقه جایی است که عمل لیزر در آن رخ‌می‌دهد.

الکترون‌های آزاد از ناحیه n و از طریق این منطقه به ناحیه p مهاجرت می‌کنند. الکترون هنگام ورود به منطقه اتصال، انرژی کسب می‌کند وهنگامی‌که می‌خواهد به ناحیه p واردشود این انرژی را به‌صورت فوتون ازدست‌می‌دهد. اگر ناحیه p به قطب مثبت و ناحیه n به قطب منفی یک منبع الکتریکی وصل‌شود الکترون‌ها از نا حیه n به ناحیه p حرکت‌کرده و باعث می‌شوند تا در منطقه اتصال غلظت زیادی از مواد فعال بوجودآید. با ازدست‌دادن فوتون، تابش الکترومغناطیس حاصل‌می‌شود.

چنان‌چه دو انتهای منطقه اتصال را صیقل‌دهند، آن‌گاه یک کاواک لیزری بوجودخواهد-آمد. اصولا این نوع لیزرها را طوری می‌سازند که با استفاده از ضریب‌شکست دو جزء p و n کار

---

۱-Semiconductor