بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فیزیک
گروه اتمی و مولکولی

پایان نامه
جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته فیزیک- لیزر

عنوان

تعیین تجربی توزیع دمایی وابسته به زمان در میله لیزری یک لیزر تپی Nd:YAG تحت دمش عرضی

استاد راهنما
دکتر ابراهیم صفری
دکتر حبیب خوش سیما

پژوهشگر
نیر ابیضی کلهر

شهریور ۱۳۹۰

نام خانوادگی :ابیضی کلهر **نام : نیر**

اساتید راهنما : دکتر ابراهیم صفری – دکتر حبیب خوش سیما

عنوان پایان‌نامه : تعیین تجربی توزیع دمایی وابسته به زمان در میله لیزری یک لیزر تپی Nd:YAG تحت دمش عرضی

مقطع : کارشناسی ارشد **رشته : فیزیک** **گرایش : لیزر**

دانشگاه : تبریز **دانشکده : فیزیک** **تعداد صفحه : ۹۵** **تاریخ فارغ‌التحصیل : شهریور ۱۳۹۰**

کلید واژه : لیزرهای حالت جامد ، تداخل سنجی ، توزیع دمایی ، اثر فوتوالاستیک ، لیزر Nd:YAG ، تداخل سنج ماخ زندر

چکیده :دمش نوری در بلور لیزرهای حالت جامد باعث تولید گرما می شود. غیر یکنواختی دمش و خنک‌سازی سطح جانبی بلور باعث ایجاد گرادیان گرمایی در داخل بلور لیزری می‌شود. این گرادیان گرمایی باعث تغییرات ضریب شکست با دما در داخل میله، ایجاد تنش های مکانیکی در داخل میله و تحدب سطوح انتهایی میله می‌شود که این تغییرات باعث کاهش کیفیت باریکه خروجی لیزر، تغییر پایداری مشدد وکاهش راندمان عملکرد لیزر می-شود . لیزرهای حالت جامد با کیفیت باریکه خوب کاربردهای فراوانی در صنعت، فعالیت‌های نظامی، پزشکی و تحقیقات علمی دارند. کیفیت باریکه لیزرهای حالت جامد به شدت تحت تاثیر اثرات حرارتی ایجاد شده در میله لیزری قرار می‌گیرد بنابراین اثرات حرارتی، عملکرد لیزرهای حالت جامد را به طور قابل ملاحظه‌ای پایین می‌آورد. محاسبه دقیق این اثرات برای طراحی یک لیزر ضروری است . در این پایان‌نامه با استفاده از روش تداخل سنجی توزیع دمایی در داخل میله لیزری نئودیمیوم یاگ را بدست می‌آوریم . آرایش تجربی مورد نظر ، آرایش تداخل سنج ماخ زندر می‌باشد. با توجه به نتایج تجربی بدست آمده از روش تداخل سنجی ملاحظه می‌شود که در میله گرادیان گرمایی به وجود می‌آید. که در این تحقیق نمودار اختلاف دمای ایجاد شده در میله لیزری برحسب زمان را ارائه دادیم.

فهرست مطالب

مقدمه..... ۱

فصل اول: مفاهیم اولیه لیزر ۴

۱ -۲- انواع لیزرها ۵

۱-۲-۱- لیزرهای حالت جامد ۶

۱-۲-۲- مواد میزبان ۷

۱-۲-۳- یون‌های فعال ۱۳

۱-۳- سیستم‌های سه و چهار ترازی ۱۹

۱-۴- وارونی جمعیت ۲۰

۱-۵- ایجاد وارونی جمعیت ۲۲

۱-۵-۲- سیستم چهار ترازی ۲۴

۱-۶- دمش ۲۶

۱-۶-۱- دمش نوری..... ۲۶

۱-۶-۲- روش‌های انتقال نور دمشی..... ۲۷

۱-۶-۳- دمش عرضی با لامپ ۳۰

۱-۷- مشدد اپتیکی ۳۱

۱-۸- نوسانگر لیزری ۳۲

۱-۹- خواص باریکه لیزر ۳۳

فصل دوم: مواد و روش‌ها ۳۵

۲-۲- لیزر نئودیمیوم یاگ ۳۷

۲-۲-۱- بلور لیزری نئودیمیوم یاگ ۳۸

۲-۲-۲- ویژگی‌های فیزیکی لیزر نئودیمیوم یاگ ۴۰

۲-۲-۳- ویژگی‌های لیزر نئودیمیوم یاگ..... ۴۲

۲-۳- اثرات حرارتی ۴۸

۲-۳-۱- معادله حرارت برای محیط فعال لیزری ۵۱

۲-۳-۲- توزیع حرارت در لیزرهای پیوسته کار ۵۲

۲-۳-۳- توزیع حرارت در لیزرهای تپی ۵۴
۲-۳-۴- توزیع حرارت در حالت تک تپ ۵۶
۲-۳-۵- تنش و تغییر طول نسبی ۵۹
۲-۳-۶- تنش حرارتی ۶۰
۲-۳-۷- اثر فوتوالاستیک ۶۱
۲-۳-۸- ضریب شکست و وابستگی آن به دما (ضریب ترمواپتیک) ۶۲
۲-۳-۹- تغییرات ضریب شکست ناشی از اثرات حرارتی ۶۳
۲-۳-۱۰- تغییرات راه نوری از طریق تغییرات دما ۶۶

۲-۴- تداخل سنجی ۶۷

۲-۵- تداخل سنج اپتیکی ۶۸

۲-۶- انواع تداخل‌سنج‌ها ۶۹

۲-۶-۱- تداخل‌سنج مایکلسون ۶۹

۲-۶-۲- تداخل‌سنج تویمن- گرین ۷۱

۲-۶-۳- تداخل‌سنج ماخ زندر ۷۲

۲-۶-۴- تداخل‌سنج فیزو ۷۴

۲-۶-۵- گوه هوا ۷۵

۲-۷- روش اندازه‌گیری توزیع دمایی در بلور لیزری ۷۶

۲-۷-۱- بررسی منابع ۷۸

فصل سوم : نتایج وبحث ۸۱

۳-۱- چیدمان به کار رفته برای اندازه گیری توزیع دمایی ۸۲

۳-۲- نتایج تجربی ۸۳

۳-۳- نتیجه‌گیری ۹۱

فهرست منابع ۹۲

فهرست شکل‌ها

شکل(۱-۱)- اجزاء اساسی یک لیزر ۱
شکل(۱-۲)- توزیع لیزرها در طیف الکترومغناطیسی ۲
شکل(۱-۳)- سه وضعیت اندرکنش نور با ماده (الف) جذب (ب)گسیل القایی (ج) گسیل خودبخودی ۵
شکل(۱-۴)- وارونی جمعیت در گازها ، مایعات ، جامدات و نیمرساناها ۲۰
شکل(۱-۵)- نمودار ترازهای انرژی یک لیزر سه ترازی ۲۴
شکل(۱-۶)- نمودار ترازهای انرژی یک لیزر چهار ترازی ۲۵
شکل (۱-۷)- طرح کلی سیستم دمش نوری ۲۸
شکل (۱-۸)- دو آرایش از دمش عرضی با لامپ آذرخش ۲۹
شکل (۱-۹)- مولفه‌های اصلی یک نوسانگر لیزری حالت جامد با پمپاژ نوری ۳۲
شکل(۲-۱۰)- ترازهای انرژی ساده شده Nd:YAG ۳۵
شکل (۲-۱۱)- ترازهای انرژی در نئودیمیوم یاگ ۴۴
شکل (۲-۱۲)- طیف فلورسانسی یون نئودیمیوم موجود در یاگ در ناحیه طول موجی ۱/۰۶ میکرومتر ...۴۵
شکل(۲-۱۳)- طیف جذبی نئودیمیوم یاگ در محدوده طول موجی الف) ۰/۳ تا ۰/۹ میکرومتر. ب) حوالی طول موج ۸۰۸ نانومتر..... ۴۶
شکل(۲-۱۴)- اثر انتهایی در میله لیزری ۴۹
شکل(۲-۱۵)- ایجاد گرادیان گرمایی در ماده فعال لیزری در اثر دمش و خنک‌سازی ۵۱
شکل(۲-۱۶)- نمودار حرارتی میله لیزری در بازه تپ بسیار نزدیک به زمان واهلش حرارتی میله ۵۸
شکل (۲-۱۷)- نمودار حرارتی در بازه تپ کوچکتر از زمان واهلش ۵۸
شکل (۲-۱۸)- واهلش حرارتی یک تپ دمشی در داخل میله لیزری استوانه‌ای ۵۹
شکل(۲-۱۹) – تغییرات ضریب شکست در اثر تغییرات وابسته به دما و تغییرات در اثر تغییرات وابسته به تنش..... ۶۴
شکل(۲-۲۰)- خلاصه‌ای از اثرات حرارتی در لیزرهای حالت جامد ۶۵
شکل(۲-۲۱)- تداخل‌سنج مایکلسون ۷۰
شکل(۲-۲۲)- تداخل‌سنج تویمن- گرین ۷۱
شکل(۲-۲۳)- چیدمان تداخل‌سنج ماخ زندر ۷۲
شکل(۲-۲۴)- تداخل‌سنج ماخ زندر ۷۳

شکل (۲-۲۵)- چیدمان تداخل‌سنج فیزو ۷۵

شکل(۲-۲۶)- گوه هوا و اثرات تداخلی حاصله ۷۶

شکل(۲-۲۷)- چیدمان تداخل‌سنج مایکلسون برای اندازه‌گیری گرمای ایجاد شده در میله لیزری و طرح‌های تداخلی حاصل از آن ۷۸

شکل (۲-۲۸)- چیدمان تداخل‌سنج تویمن-گرین برای اندازه‌گیری گرمای ایجاد شده در میله لیزری و طرح‌های تداخلی حاصل از آن.....۷۹

شکل (۲-۲۹)- آرایش تداخل سنج ماخ زندر برای اندازه گیری توزیع دمایی ۸۲

شکل (۲-۳۰)- طرح ساده شده ای از شکل (۲۴) ۸۳

شکل(۲-۳۱)- (الف) طرح تداخلی بدست آمده از تداخل سنج قبل از دمش، (ب) ۰/۲۹ ثانیه بعد از دمش و (ج) ۲/۱ ثانیه بعد از دمش ۸۴

شکل (۲-۳۲)- طرح‌های تداخلی و میزان اختلاف راه نوری بین دو بازوی تداخل‌سنج برحسب انحنای خطوط تداخلی ۸۶

شکل(۲-۳۳)- نمودار اختلاف دمای ایجاد شده در میله لیزری برحسب زمان ۹۰

فهرست جداول

جدول (۲-۱)- ویژگی‌های نوری و فیزیکی نئودیمیوم یاگ ۴۱

جدول (۲-۲)- ویژگی‌های حرارتی نئودیمیوم یاگ ۴۲

جدول (۳-۳)- مشخصات لیزر مورد استفاده ۸۱

جدول (۳-۴)- اختلاف دمای ایجاد شده در میله لیزری برحسب زمان در **فرکانس** ۵Hz ۸۷

جدول (۳-۵)- اختلاف دمای ایجاد شده در میله لیزری برحسب زمان در **فرکانس** ۱۰Hz ۸۸

جدول (۳-۶)- اختلاف دمای ایجاد شده در میله لیزری برحسب زمان در **فرکانس** ۲۰Hz ۸۹

مقدمه

لیزر[1] نور تقویت شده‌ای است که از گسیل القایی نتیجه شده از برهم زدن تعادل ترمودینامیکی در یک ماده بدست می‌آید[۱].

یک لیزر مطابق شکل(۱-۱) در حالت کلی از ۵ بخش تشکیل می‌شود:

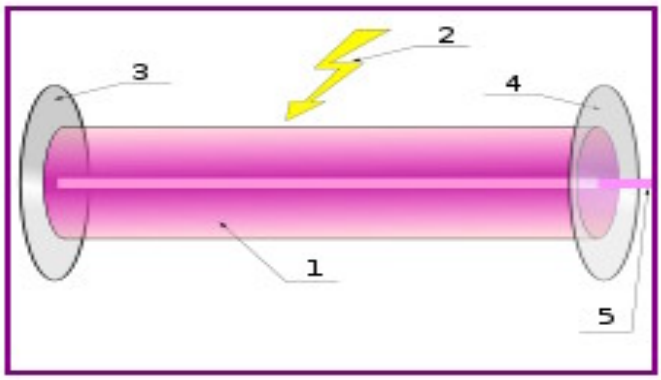
۱) ماده‌ی فعال که موج الکترومغناطیسی فرودی را تقویت می‌کند.

۲) سیستم دمش انرژی که در ماده ، جمعیت معکوس ایجاد می‌کند.

۳) آینه‌ای با قابلیت انعکاس دهندگی بالا که باعث می‌شود انرژی نور خروجی از ماده فعال چندین بار به داخل محیط برگردد.

۴) آینه‌ای با قابلیت انعکاس دهندگی جزئی که باعث می‌شود نور تولیدی از محیط لیزر خارج شود.

۵) نور خروجی لیزر[۲].

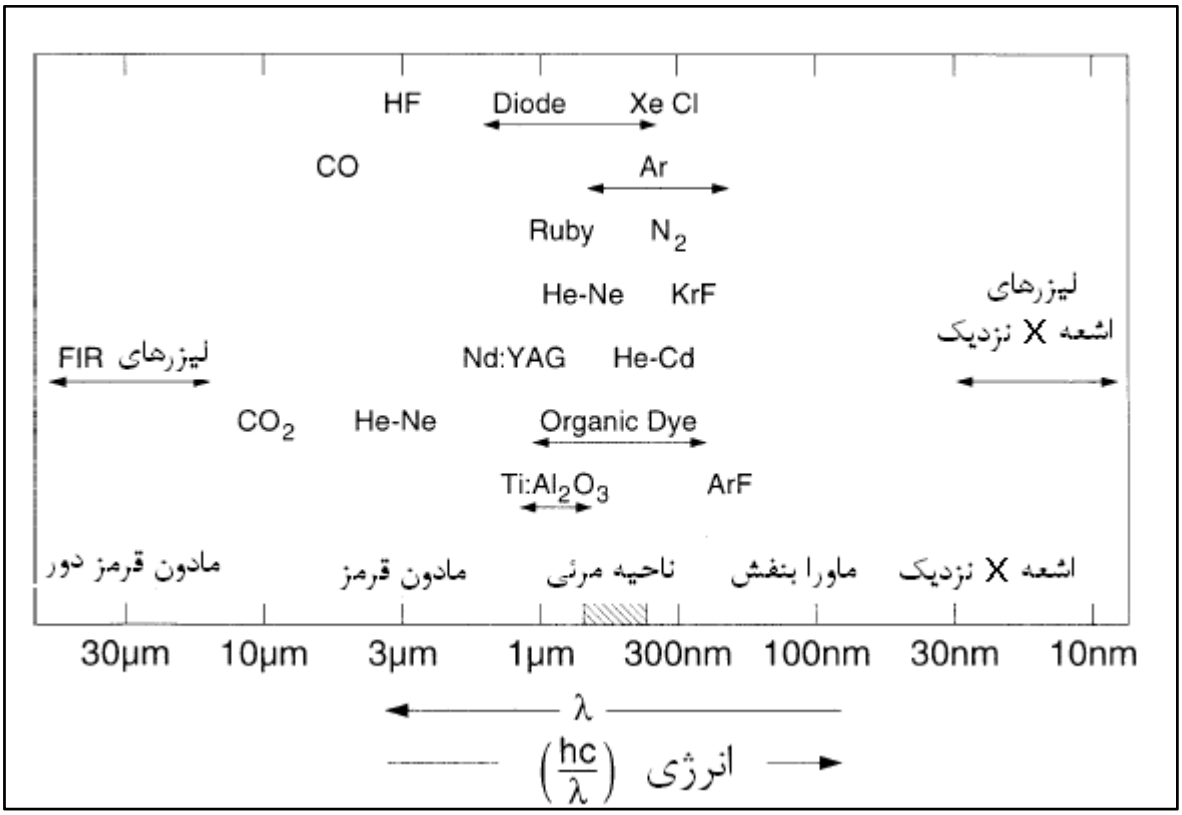


شکل(۱-۱)- اجزاء اساسی یک لیزر[۲]

[1] **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation

وقتی خصوصیات نور خروجی از لیزر را با منابع نوری دیگر مقایسه می‌کنیم ویژگی نور لیزر با درجه‌ی بسیار بالای (الف) تکفامی، (ب) همدوسی، (ج) جهتمندی و (د) درخشایی مشخص می‌شود و همین خصوصیات باعث کاربردهای فراوان لیزر در صنعت، فعالیت‌های نظامی، پزشکی و تحقیقات علمی می‌شود[۳].

لیزرها انواع مختلفی دارند که براساس جنس ماده‌ی فعالشان به ۵ دسته تقسیم می‌شوند: لیزرهای گازی، لیزرهای آلائیده شده با عایق[1]، لیزرهای نیمرسانا، لیزرهای رزینه‌ای و لیزرهای الکترون آزاد[۳].



شکل(۱-۲)- توزیع لیزرها در طیف الکترومغناطیسی[۵].

لیزرهای حالت جامد زیر مجموعه‌ای از لیزرهای آلائیده شده با عایق می‌باشند. محیط فعال این لیزرها از مواد جامد بلوری یا غیر بلوری تشکیل می‌شود و به شکل میله‌ای (در دو سطح مقطع دایروی و مربعی یا مستطیلی)، بره‌ای و دیسکی است. دمش این لیزرها معمولا به صورت نوری و به دو روش طولی و عرضی انجام می‌گیرد.

[1] Dielectric doped lasers

دمش نوری در بلور لیزرهای حالت جامد باعث تولید گرما می شود. غیر یکنواختی دمش و خنک‌سازی سطح جانبی بلور باعث ایجاد گرادیان گرمایی در داخل بلور لیزری می‌شود. این گرادیان گرمایی باعث تغییرات ضریب شکست با دما در داخل میله، ایجاد تنش های مکانیکی در داخل میله و تحدب سطوح انتهایی میله می‌شود[۶] که این تغییرات باعث کاهش کیفیت باریکه خروجی لیزر، تغییر پایداری مشدد وکاهش راندمان عملکرد لیزر می‌شود[۷]. لیزرهای حالت جامد با کیفیت باریکه خوب کاربردهای فراوانی در صنعت، فعالیت‌های نظامی، پزشکی و تحقیقات علمی دارند. کیفیت باریکه لیزرهای حالت جامد به شدت تحت تاثیر اثرات حرارتی ایجاد شده در میله لیزری قرار می‌گیرد بنابراین اثرات حرارتی، عملکرد لیزرهای حالت جامد را به طور قابل ملاحظه‌ای پایین می‌آورد. محاسبه دقیق این اثرات برای طراحی یک لیزر ضروری است[۸]. در این پایان‌نامه با استفاده از روش تداخل سنجی توزیع دمایی در داخل میله لیزری نئودیمیوم یاگ را بدست می‌آوریم . آرایش تجربی مورد نظر ، آرایش تداخل سنج ماخ زندر می‌باشد.

فصل اول : مبانی پایه

۱-۱- اندرکنش نور با ماده

در اندرکنش نور با ماده با سه پدیده‌ی مهم سروکار داریم که لیزرزایی براساس آن‌ها اتفاق می‌افتد:

الف) جذب[1]: اتمی را در نظر می گیریم که فقط دارای ۲ تراز انرژی باشد تراز بالایی را E_2 و تراز پایینی را E_1 می‌نامیم در حالت تعادل گرمایی، اتم در تراز پایین انرژی قرار می‌گیرد حال اگر این اتم تحت تابش موج الکترومغناطیسی با فرکانس ν_{21} قرار گیرد به طوری که ν_{21} از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\nu_{21}=\frac{E_2-E_1}{h} \qquad (۱)$$

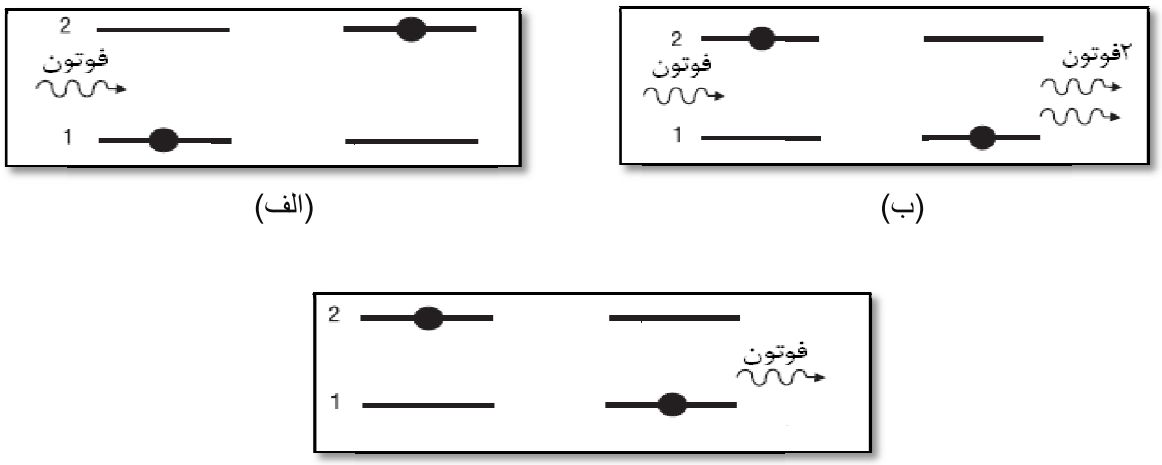
تحت این تابش، احتمال معینی وجود دارد که اتم با جذب یک فوتون تحریک شود و به تراز بالاتر E_2 برود این فرآیند به جذب موسوم است.

ب) گسیل القایی[2]: در این مورد اتمی را درنظر می‌گیریم که در ابتدا در تراز بالایی E_2 قرار گرفته باشد و تحت تابش موج الکترومغناطیسی با فرکانس ν_{21} قرار گیرد احتمال معینی وجود دارد که این موج، اتم را به گذار ۱⟵۲ وادارد. در این مورد اختلاف انرژی $E_2 - E_1$ آزاد شده به صورت موج الکترومغناطیسی به موج فرودی افزوده می‌شود. این پدیده ، گسیل القایی است.

ج) گسیل خودبخودی[3]: مجددا فرض می‌کنیم که اتم در ابتدا در تراز بالایی E_2 قرار گرفته باشد اگر موج الکترومغناطیسی وجود نداشته باشد این احتمال باز هم وجود دارد که اتم به فروافتادن به تراز ۱ گرایش پیدا کند. وقتی این اختلاف انرژی بین تراز ۱ و۲ به صورت موج الکترومغناطیسی گسیل شود به آن گسیل خودبخودی می‌گویند.

[1] absorption
[2] Stimulated emission
[3] Spontaneous emission

دو نکته بسیار مهم در ارتباط با گسیل القایی وجود دارد که خواص نور لیزر به این خواص وابسته است اول آنکه فوتونی که با گسیل القایی ایجاد می‌شود دارای همان انرژی و در نتیجه همان فرکانس فوتون تحریک کننده است. دوم آنکه امواج نوری مربوط به دو فوتون ایجاد شده ، هم فاز و همچنین دارای قطبش مشابه می‌باشند بدین معنی که در اتمی که به صورت القایی مجبور به تابش نوری شود فوتون بوجود آمده به فوتون فرودی اضافه می‌شود به طوری که همدیگر را تقویت می‌کنند و دامنه آن‌ها افزایش می‌یابد. به همین دلیل در لیزرها ، امکان تقویت نور بوسیله گسیل القایی بوجود آمده است.



شکل(۱-۳)- سه وضعیت اندرکنش نور با ماده (الف) جذب (ب) گسیل القایی (ج) گسیل خودبخودی[۵].

۱-۲- انواع لیزرها

همانطور که در مقدمه اشاره‌ی کوتاهی داشتیم لیزرها براساس جنس ماده‌ی فعالشان به ۵ دسته تقسیم می‌شوند: لیزرهای گازی، لیزرهای آلائیده شده با عایق، لیزرهای نیمرسانا، لیزرهای مایع رنگی و لیزرهای الکترون آزاد. لیزرهای حالت جامد زیر مجموعه‌ای از لیزرهای آلائیده شده با عایق هستند و چون در این پایان‌نامه یکی از لیزرهای حالت جامد مورد بررسی قرار می‌گیرد این گروه از لیزرها را توضیح می‌دهیم.

۱-۲-۱- لیزرهای حالت جامد

انواع معینی از مواد حالت جامد ویژگی‌هایی دارند که آن‌ها را برای استفاده به عنوان محیط بهره برای لیزرزایی مناسب می‌سازد. در حالت کلی مواد جامد لیزری به دو بخش مواد بلورین و شیشه‌ای (غیر بلورین) که به داخل آن‌ها، یون‌های اتمی آلائیده شده‌اند، تقسیم می‌شوند. ماده میزبان محیط لیزرزا باید نسبت به طول موج لیزر شفاف باشد تا مانع از جذب نور لیزر در حین عبور از محیط شود. همچنین باید خصوصیات مکانیکی، الکتریکی، حرارتی و نوری مناسبی داشته باشد تا اجازه عملکرد لیزر را تحت شرایط محیطی بدهد. انواع لیزرها براساس یون‌هایی که به داخل مواد میزبان آلائیده می‌شوند یا در حین مراحل رشد بلور در داخل آن قرار می‌گیرند، طبقه‌بندی می‌شوند. این یون‌ها، یون‌های اتمی دو یا سه بار یونیزه می‌باشند و براساس طول موج دلخواه مورد تابش انتخاب می‌شوند. خصوصیات نوری ضعیف ماده‌ی میزبان باعث به هم ریختگی پرتو و پراکندگی نور لیزر می‌شود و ویژگی‌های ضعیف مکانیکی و حرارتی نیز به خاطر جذب در حین فرایند دمش منجر به دگردیسی و شکست ماده می‌شوند. همچنین این مواد باید طوری انتخاب شوند که امکان رشد آن‌ها همراه با یون‌های آلائیده شده در اندازه مناسب وجود داشته باشد.

دمش لیزرهای حالت جامد با ساختار بلوری به صورت نوری است که می‌تواند توسط لامپ‌های آذرخش ویا با یک لیزر دیگر انجام شود. اگر جذب یون تزریقی به میزبان در طیف وسیعی از طول موج اتفاق بیفتد در این صورت بازده استفاده از لامپ‌های آذرخش به خاطر طیف گسیلی وسیع آن‌ها بالا خواهد بود. دمش لیزری مانند لیزر یون آرگون در مواردی که شدت‌های دمشی بالا برای تولید تپ‌های نوری خیلی کوتاه در یک مد قفل شده موردنیاز است، مفید می‌باشد. در سال‌های اخیر لیزرهای نیمرسانا به دلیل بازده بالا و طول عمر زیادشان جایگزین لامپ‌های آذرخش شده‌اند هرچند طول موج دمش آن‌ها باید با باند جذبی یون‌های آلائیده شده تطبیق کند.نمونه‌ای از لیزرهای حالت جامد لیزر یاقوت، نئودیمیوم یاگ، نئودیمیوم شیشه، نئودیمیوم ایف، نئودیمیوم ایتربیوم وانادات، ایتریوم یاگ، الکساندریت تیتانیوم سفایر، لیزر تاری و ... می-باشند.

۱-۲-۲- مواد میزبان

مواد میزبان حالت جامد به دو دسته بلورین و شیشه‌ای تقسیم می‌شوند. این مواد باید خصوصیات مکانیکی، نوری و حرارتی مناسبی داشته باشند. این خصوصیات شامل سختی، پایداری شیمیایی، عدم تغییرات ضریب شکست و عدم وجود کشش‌های داخلی، مقاومت در برابر مراکز رنگی القا شده در اثر تابش و سادگی ساخت آن است. اندرکنش‌های مختلف بین بلور و یون اضافه شده ، تعداد موادی را که می‌توانند ترکیب شوند محدود می‌کنند مانند عدم تطابق اندازه، ظرفیت شیمیایی و ویژگی‌های طیف نگاری در حالت ایده‌آل ، ظرفیت شیمیایی و اندازه یون اضافه شده باید با یون ماده میزبان که جایگزین می‌شود مطابقت داشته باشد. برای انتخاب ماده میزبان مناسب باید معیارهای کلیدی زیر را در نظر گرفت:

الف) بلور مورد نظر باید دارای ویژگی‌های نوری موردنظر باشد. تغییرات ضریب شکست منجر به انتشار ناهمگن نور در داخل ماده شده و کیفیت پرتو خروجی را کاهش می‌دهد.

ب) باید خواص مکانیکی و حرارتی بلور طوری باشد که امکان عملکرد لیزر در توان‌های بالا وجود داشته باشد. مهمترین این پارامترها ضریب انتقال حرارتی، سختی و قدرت شکست بلور می‌باشد.

ج) موقعیت شبکه‌ای بلور باید طوری باشد که بتواند یون‌های آلائیده شده را قبول کند و همچنین قدرت و تقارن میدان‌های بلوری موضعی باید توانایی القاء خصوصیات طیف نگاری مورد نظر را داشته باشد . در حالت کلی یون‌های جایگزیده شده در بلور میزبان باید طول عمر تابشی بالا داشته و سطح مقطع گسیل آن‌ها در حدود 10^{-20} سانتی متر مربع باشد.

د) باید امکان رشد اندازه بلوری که به آن ناخالصی آلائیده شده است ، با وجود کیفیت نوری بالا وجود داشته باشد.

شیشه‌ها [1]:

شیشه‌ها دسته مهمی از مواد میزبان را برای عناصر خاک‌های نادر مخصوصا یون نئودیمیوم فراهم می‌کنند. مزیت شیشه به مواد بلوری قابلیت شگرف افزایش اندازه آن‌ها برای کاربردهای توان بالا می‌باشد. تا به حال میله‌هایی با قطر۱۰ سانتی متر و به طول ۱ متر و دیسک‌هایی به قطر ۹۰ سانتی‌متر و با ضخامت چندین سانتی متر ساخته شده‌اند. این مواد به آسانی ساخته می‌شوند و کیفیت نوری عالی دارند. یون‌های لیزری که در داخل شیشه قرار می‌گیرند در حالت کلی پهنای خط فلورسانسی بیشتری در مقایسه با بلورها دارند زیرا در شیشه‌ها، میدان بلوری واحدی که اتم‌های فعال را احاطه کند وجود ندارد. بنابراین حد آستانه برای لیزرهای شیشه‌ای نسبت به مشابه‌های بلورین آن بالاتر است. همچنین شیشه در مقایسه با بلور، ضریب هدایت حرارتی پایین‌تری دارد. این ویژگی به دوشکستی شدن القایی حرارتی و اعوجاج نوری میله‌های لیزری شیشه‌ای که در توان‌های بالا کار می‌کنند می‌انجامد. در مورد لیزرهای حالت جامد حجمی شیشه‌های آلائیده شده با یون‌های اربیوم و نئودیمیوم و در تقویت کننده‌ها و نوسانگرهای تاری ، یون‌های ایتریوم و اربیوم آلائیده در شیشه، محیط فعال را تشکیل می‌دهند.

اکسیدها [2]:

از مهمترین اکسیدها : سفایر، گارنت‌ها ، آلومینیت‌ها هستند.

سفایر [3]:

اولین ماده لیزری کشف شده سفایر بود که در لیزر یاقوت مورد استفاده قرار گرفت.سفایر سخت، با ضریب هدایت حرارتی بالا است و به راحتی فلزات واسطه می‌توانند با آن ترکیب شده و جایگزین آلومینیوم شوند.

[1] Glasses
[2] Oxides
[3] Sapphire

شبکه آلومینیوم برای عناصر خاک‌های نادر بسیار کوچک است و نمی‌توان با غلظت مناسب آن‌ها را با سفایر ترکیب کرد. علاوه بر لیزر یاقوت که امروزه هنوز هم مورد استفاده قرار می‌گیرد، سفایر آلائیده شده با تیتانیوم ماده مناسبی برای ساخت لیزر کوک پذیر است.

گارنت‌ها[1]:

بسیاری از میزبان‌های مفید لیزری ، ترکیبی از گارنت‌ها می‌باشند. ایتریوم آلومینیوم گارنت[2]،گادلینیوم گالیوم گارنت[3] و گادلونیوم اسکاندیوم آلومینیوم گارنت [4]مواد مناسبی برای میزبان لیزری می‌باشند. این مواد پایدار، سخت و از لحاظ نوری، همگن و دارای ضریب هدایت حرارتی خوبی هستند که اجازه عملکرد لیزر را در توان‌های بالاتر فراهم می‌کنند. نئودیمیوم یاگ در میان لیزرهای حالت جامد در موقعیت بالاتری قرار دارد. یاگ یک بلور بسیار سخت و همگن است که می‌تواند طوری رشد داده و ساخته شود که میله‌هایی با کیفیت نوری بالا را به دست دهد. در حال حاضر ، این لیزر بهترین بلور قابل دسترس برای یون نئودیمیوم می‌باشد که آستانه پایین و بهره بالایی را تامین می‌کند. در کنار یون نئودیمیوم به بلور یاگ یون‌های اربیوم و ایتریوم و ... نیز آلائیده می‌شوند. مهمترین لیزرهای این گروه ایتریوم یاگ ، اربیوم یاگ و ... می‌باشند.

آلومینیت‌ها[5] :

در سال ۱۹۶۹ بلور میزبانی مشتق شده از ترکیب اکسید آلومینیوم و اکسید اربیوم کشف شد . بلور ایتیریوم اورتو آلومینیت[6] که اصطلاحا یاپ نامیده می‌شود ، یک ترکیب ۱:۱ یا بلور فاز پرووِیسکیت[7] است (در حالیکه حالیکه یاگ یک ترکیب ۳:۵ یا بلور فاز گارنت است). بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی یاپ مانند سختی و

[1] Garnets
[2] $Y_3Al_5O_{12}$
[3] $Gd_3Ga_5O_{12}$
[4] $Gd_3Sc_2Al_3O_{12}$
[5] Aluminate
[6] $YAlO_3$
[7] perovskite

ضریب هدایت حرارتی مشابه با یاگ می‌باشد ولی برخلاف یاگ که ساختار مکعبی و همسانگرد دارد یاپ ، اورتوترومبیک[1] و غیرهمسانگرد است. غیرهمسانگرد بودن ویژگی‌های طیفی آلومینیت ، امکان انتخاب امتدادهای بلورشناسی را برای عملکرد بهینه لیزر می‌دهد. جهت‌گیری‌های میله را می‌توان براساس بهره بالا و آستانه کم یا گاها براساس بهره کم و ذخیره انرژی بالا برای عملکرد سوئیچ Q لیزر ، انتخاب کرد. برتری-های بالقوه یاپ بر یاگ خروجی قطبیده ، قابلیت پذیرش غلظت بیشتری از نئودیمیوم، امکان تغییر بهره با تغییر محورهای میله و قیمت ارزان‌تر به دلیل رشد سریع بلور آن است. معایب یاپ بازده پایین و عملکرد نامنظم آن می‌باشد.

اکسی سولفیدها[2] :

همه سری اکسی سولفیدها از لانتانوم اکسی سولفید[3] تا لوتیتیوم اکسی سولفید[4] و ایتریوم اکسی سولفید[5] سولفید[5] دارای ساختار یکسان بلور تک محوری هستند. بنابراین هر غلظتی از محلول‌های جامد عناصر خاک‌های نادر در هر میزبانی از اکسی سولفیدهای خاک‌های نادر امکان‌پذیر است. مواد میزبانی که از طول موج ۰/۳۵ تا ۷ میکرومتر شفاف هستند شامل لانتانوم ، گادلونیوم ، ایتریوم و لوتیتیم اکسی سولفید می-باشند. سطح مقطع گذار لیزری نئودیمیوم لوتیوم اکسی سولفید حدودا ۱/۳ نئودیمیوم یاگ است. همچنین کیفیت نوری بلورهای لوتیتیم اکسی سولفید خیلی پایین‌تر از بلورهای یاگ می‌باشد.

[1] orthorhombic
[2] Oxysulfide
[3] lanthanum oxysulfide
[4] lutetium oxysulfide
[5] yttrium oxysulfide

فسفات‌ها و سیلیکات‌ها[1] :

نوسان لیزری در بلورهای آلائیده شده یون نئودیمیوم با کلسیم فلوروفسفات مشاهده شده است که نام معدنی بلور میزبان آن فلوروپاتیت[2] می‌باشد. ویژگی منحصر بفرد این ماده آن است که طیف فلورسانسی یون نئودیمیوم آلائیده شده در آن در یک خط باریک با شدت بالا متمرکز شده است در حالیکه طیف جذبی آن نسبتا پهن و شدید است. فلوروپاتیت‌ها ، آستانه نوسان پایین و شیب بازده‌های بالایی دارند اما بسیار نرم ، مستعد برای تشکیل مراکز رنگی و با ضریب هدایت حرارتی پایین بوده و این باعث اعوجاج‌های حرارتی قوی می‌شود. به خاطر این ویژگی‌ها فلوروپاتیت به عنوان ماده لیزری پرطرفدار مطرح نشد. در سال ۱۹۷۲ سیلیکات اکسی پاتیت[3] در دسترس قرار گرفت ، در مقایسه با فلوروپاتیت این بلور به طور قابل ملاحظه‌ای سخت‌تر بود هرچند ضریب هدایت حرارتی آن نزدیک به فلوروپاتیت و در حدود ۱/۹ ضریب هدایت حرارتی یاگ می‌باشد اما ذخیره انرژی در نئودیمیوم سیلیکات اکسی پاتیت پنج برابر یاگ است. علاوه بر این ، امکان رشد کم هزینه بلور در اندازه‌های بزرگ وجود دارد. عمده‌ترین ایراد سیلیکات اکسی پاتیت آستانه پایین آسیب لیزر و ضریب حرارتی پایین آن است.

تنگستن ، مولیبدات ، وانادات و بریلیت‌ها[4] :

قبل از اینکه یاگ به طور تجاری در دسترس قرار گیرد ، وانادات کلسیم[5] متداولترین ماده میزبان برای نئودیمیوم به شمار می‌رفت. عناصر خاک‌های نادر فقط در حالت اکسایش سه ظرفیتی جانشین کلسیم می‌شوند و بنابراین کاستی بار باید جبران شود. این ماده حتی با وجود سخت ساختن آن بسیار شکننده است و دقت زیادی در هنگام ساخت میله‌های لیزری مورد نیاز است. ضریب هدایت حرارتی آن سه تا چهار برابر بزرگ‌تر از شیشه می‌باشد.

[1] Phosphates and Silicates
[2] fluorapatite
[3] silicate oxyapatite
[4] Tungstates, Molybdates, Vanadates, and Beryllates
[5] $CaWO_4$