

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته فیزیک گرایش اتمی-مولکولی
**طراحی و برپایی لیزر Nd:YAG سردمشی با لیزر نیمرسانا و انتخاب مد عرضی
لیزر برپا شده**

استاد راهنما:

دکتر محمود سلطان الکتابی

استاد مشاور:

مهندس سید مهدی موسوی

پژوهشگر:

مینا محمدی

مهرماه ۱۳۹۰

کلیه حقوق مادی مرتبط بر نتایج مطالعات، ابتکارات
و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه اصفهان است.



دانشگاه اصفهان
دانشکده علوم
گروه فیزیک

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی فیزیک گرایش اتمی-مولکولی

خانم مینا محمدی تحت عنوان

طراحی و برپایی لیزر Nd:YAG سردمشی با لیزر نیمرسانا و انتخاب مد لیزری برپا شده

در تاریخ ۱۳۹۰/۷/۱۸ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

امضا
امضا
امضا

۱- استاد راهنمای اول دکتر محمود سلطان الکتابی با مرتبه ی علمی استاد

۲- استاد داور داخل گروه دکتر حمیدرضا فلاح با مرتبه ی علمی دانشیار

۳- استاد داور خارج از گروه دکتر عباس بهجت با مرتبه ی علمی استاد

امضای مدیر گروه

منت خدای را عزوجل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت. هر نفسی که فرومی

رود، مدحیات است و چون برمی آید مفرح ذات. پس در هر نفسی، دو نعمت موجود است و بر هر نعمتی

شکری واجب.

پاسکزارم از:

استاد فریخته جناب آقای دکتر محمود سلطان الکتابی که گلشن سرای علم و دانش را بار اهنمایی های

سازنده خود بارور ساختند.

تقدیم به

خانواده دلسوز و مهربانم که آرامش روحی و آسایش فکری را برای من فراهم نمودند تا این مرحله از دوران

تحصیل خود را به اتمام برسانم.

در آخر سپاس از آنکه ناتوان شد تا من به توانایی برسم و عاشقانه سوخت تا کربان بخش وجود من و روشنگر راهم

باشد. این مجموعه را به مادر عزیزم تقدیم می‌کنم.

چکیده

در این پژوهش ابتدا به مطالعه و بررسی بهره سیگنال کوچک در یک سامانه چهار تراز $Nd:YAG$ پرداختیم. سپس با حل معادلات جفت شده جمعیت برای این لیزر، به کمک نرم افزار MATLAB، تغییرات نسبت به زمان، جمعیت هر تراز، شار فوتونی و بهره لیزری را بدست آوردیم و مقدار بهره سیگنال کوچک را محاسبه کردیم. سپس با برپایی تجربی لیزر نامبرده، به دو روش دمش از طریق لامپ درخشی و دمش از انتها توسط لیزر نیمرسانا، بهره سیگنال کوچک را با استفاده از روش فایندلی-کلی بدست آوردیم. در هر مورد، ضریب جفت شدگی بهینه را محاسبه کرده و در نهایت به مقایسه نتایج، پرداختیم.

انتخاب مدهای عرضی لیزر کاربردهای زیادی در صنعت دارد. یکی از روش های انتخاب مدهای عرضی لیزر، قراردادن روزنه درون مشدد است. به کمک نرم افزار MATLAB، مدهای عرضی درون مشدد را شبیه سازی کردیم و سپس اثر محیط فعال بر روی شکل هر مد را بررسی کردیم. سپس به توضیح روش جدیدی برای انتخاب مد پرداختیم. در این روش، از یک مؤلفه فازی ماریپچی استفاده می شود.

با برپایی چیدمان آزمایشگاهی یک لیزر $Nd:YAG$ از انتها دمیده شده، با قراردادن روزنه دایره ای درون مشدد لیزری، با تغییر پارامترهای مربوط به روزنه و مشدد، توانستیم مدهای مطلوب عرضی را انتخاب کنیم و سپس به مقایسه نتایج تجربی و شبیه سازی پرداختیم. یکی از مدهای انتخاب شده، مد گاوسی TEM_{00} است که به دلیل مشخصاتش، کاربردهای زیادی دارد. ما فاکتور کیفیت برای این مد را بدست آوردیم و عواملی که باعث تغییر این فاکتور می شوند را بررسی کردیم.

کلمات کلیدی: بهره سیگنال کوچک، دمش از انتها، مدهای عرضی، مؤلفه فازی ماریپچی.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
فصل اول: انتشار پرتو در بازآواگر لیزری	
۱-۱	مقدمه.....
۲-۱	ماتریس انتقال پرتو.....
۱-۲-۱	بازآواگرهای لیزری.....
۱-۱-۲-۱	شرط پایداری بازآواگر.....
۲-۱-۲-۱	نمودار پایداری بازآواگر.....
۳-۱	توزیع میدان الکتریکی در فضا.....
۱-۳-۱	انتشار پرتو با مد گاوسی TEM_{00}
۱-۱-۳-۱	قوانین تبدیل برای پرتو گاوسی.....
۲-۳-۱	اصل هویگنس و انتگرال پراشی.....
۱-۲-۳-۱	انتگرال کیرشهف.....
۲-۲-۳-۱	پراش از روزنه مستطیلی.....
۳-۲-۳-۱	پراش از روزنه گرد.....
۴-۲-۳-۱	انتگرال کالینز.....
۵-۲-۳-۱	اتلاف ناشی از پراش.....
۳-۳-۱	ویژه مدهای بازآواگر.....
۱-۳-۳-۱	حجم مدی.....
فصل دوم: بهره سیگنال کوچک از دیدگاه نظری و تجربی	
۱-۲	مقدمه.....
۲-۲	بهره در محیط لیزری.....

۲۸	۱-۲-۲ بهره در حالت آستانه.....
۳۱	۳-۲ معادله تغییر شار فوتونی.....
۳۳	۴-۲ بهره سیگنال کوچک در لیزر چهار ترازی.....
۳۴	۱-۴-۲ حل معادلات جفت شده لیزر.....
۳۷	۵-۲ توان خروجی لیزر.....
۴۰	۱-۵-۲ ضریب بهینه آینه خروجی.....
۴۰	۲-۵-۲ محاسبه بهره سیگنال کوچک به روش فایندلی_کلی.....
۴۲	۶-۲ محاسبه بهره سیگنال کوچک لیزر Nd:YAG دمش شده توسط لامپ درخشی، به روش تجربی..
۴۴	۱-۶-۲ بهره سیگنال کوچک برای تپ ورودی غیرمستطیلی.....
۴۷	۱-۱-۶-۲ بدست آوردن ضریب بهینه آینه خروجی به روش تجربی.....
۴۷	۲-۶-۲ بهره سیگنال کوچک برای تپ ورودی مستطیلی.....
	۷-۲ محاسبه بهره سیگنال کوچک لیزر Nd:YAG دمش از انتها توسط لیزر نیمرسانا به روش تجربی
۴۸
۵۲	۸-۲ نتیجه گیری.....
	فصل سوم: شبیه سازی مدهای عرضی درون مشدد
۵۳	۱-۳ مقدمه.....
۵۴	۲-۳ شبیه سازی مدهای عرضی درون مشدد.....
۵۹	۳-۳ اثر محیط فعال بر روی شکل مد.....
۶۵	۴-۳ نتیجه گیری.....
۶۵	۵-۳ مؤلفه فازی مارپیچی.....
۶۷	۱-۵-۳ نحوه عملکرد SPE.....

۲-۵-۳ صفحه فازی ماریچی چند لایه‌ای.....	۷۱
فصل چهارم: برپایی لیزر Nd:YAG و انتخاب مدهای عرضی آن	
۱-۴ مقدمه.....	۷۳
۲-۴ دمش توسط لیزر نیمرسانا.....	۷۴
۱-۲-۴ مشخصات محیط بهره لیزری Nd:YAG.....	۷۵
۲-۲-۴ مشخصات لیزر نیمرسانا.....	۷۶
۳-۲-۴ تنظیم دما.....	۷۸
۴-۲-۴ مشخصات بازآواگر لیزری.....	۷۸
۳-۴ فاصله کانونی عدسی گرمایی.....	۸۰
۱-۳-۴ طراحی بازآواگر لیزری.....	۸۱
۴-۴ بدست آوردن مد عرضی در لیزر Nd:YAG دمش شده توسط لامپ درخشی.....	۸۲
۵-۴ برپایی لیزر Nd:YAG دمش از انتها توسط لیزر نیمرسانا.....	۸۴
۱-۵-۴ انتخاب مدهای عرضی لیزر برپاشده.....	۸۶
۶-۴ ضریب کیفیت پرتو.....	۹۲
۱-۶-۴ اندازه گیری ضریب کیفیت M^2	۹۳
۷-۴ نتیجه گیری.....	۹۸
نتیجه گیری کلی.....	۹۹
پیشنهادیه.....	۱۰۰
منابع.....	۱۰۱

فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

- شکل ۱-۱ موقعیت پرتو نسبت به محور اپتیکی و جهت پرتو نسبت به این محور..... ۲
- شکل ۲-۱ مسیر رفت و برگشت در بازآواگر لیزری که می‌توان آن را با عبور پرتو از مجموعه‌ای از عدسی‌ها معادل دانست..... ۴
- شکل ۳-۱ نمایشی از نواحی پایداری بازآواگر لیزری..... ۶
- شکل ۴-۱ نمایشی از یک پرتو گاوسی..... ۹
- شکل ۵-۱ نمایشی از مشخصات یک پرتو گاوسی..... ۹
- شکل ۶-۱ انتشار توزیع میدان الکتریکی در صفحه $z = 0$ ۱۱
- شکل ۷-۱ میدان در مقابل سطح A ۱۲
- شکل ۸-۱ میدان الکتریکی در صفحه‌ای به فاصله L از روزنه مستطیلی..... ۱۳
- شکل ۹-۱ پراش از روزنه گرد..... ۱۶
- شکل ۱۰-۱ انتشار میدان الکتریکی از یک سامانه اپتیکی..... ۱۷
- شکل ۱۱-۱ اتلاف ناشی از پراش در هر عبور برای مد پایه TEM_{00} ۱۸
- شکل ۱۲-۱ میدان الکتریکی بعد از یک رفت و برگشت..... ۱۹
- شکل ۱۳-۱ توزیع شدت مدهای مختلف در دو مختصات دایره‌ای و مستطیلی..... ۲۱
- شکل ۱۴-۱ حجم مدی بهنجار شده $(\frac{V_{00}}{\pi\lambda L^2})$ مد پایه بر حسب پارامتر g ۲۴
- شکل ۱-۲ انتشار تابشی با بسامد U در محیطی از اتم‌ها با بسامد گذار U_{21} که در اینجا $U \approx U_{21}$ است..... ۲۶
- شکل ۲-۲ انتشار پرتو در دو جهت مخالف در کاواک لیزری..... ۲۹
- شکل ۳-۲ نمودار کاهش جمعیت تراز پایه با زمان..... ۳۴

- شکل ۲-۴ نمودار افزایش جمعیت تراز اول با زمان ۳۵
- شکل ۲-۵ نمودار افزایش جمعیت تراز دوم با زمان ۳۵
- شکل ۲-۶ نمودار کاهش شار فوتونی با زمان ۳۶
- شکل ۲-۷ نمودار افزایش بهره لیزری با زمان ۳۶
- شکل ۲-۸ فرایند تقویت فوتون در یک رفت و برگشت داخل بازآواگر لیزری ۳۹
- شکل ۲-۹ توان لیزر بهنجار شده بر حسب بهره سیگنال کوچک برای ضرایب بازتاب متفاوت آینه ها. ۴۰
- شکل ۲-۱۰ نمایی از چیدمان Nd:YAG دمش شده توسط لامپ درخشی ۴۲
- شکل ۲-۱۱ انرژی خروجی لیزر بر حسب انرژی دمش ورودی برای جفت‌شدگی خروجی با ضریب بازتاب ۲۵٪ ۴۳
- شکل ۲-۱۲ انرژی خروجی لیزر بر حسب انرژی دمش ورودی برای جفت‌شدگی خروجی با ضریب بازتاب ۳۰٪ ۴۳
- شکل ۲-۱۳ انرژی خروجی لیزر بر حسب انرژی دمش ورودی برای جفت‌شدگی خروجی با ضریب بازتاب ۶۰٪ ۴۴
- شکل ۲-۱۴ از سمت بالا، نمایه شدت برای جفت‌شدگی خروجی با ضرایب بازتاب ۲۵٪ و ۳۰٪ و ۶۰٪ در ولتاژ آستانه ۴۵
- شکل ۲-۱۵ نمودار $B(t_D)$ بر حسب $|\ln \sqrt{R}|$ ۴۶
- شکل ۲-۱۶ نمایه شدت خروجی در ولتاژ $V = 1000V$ ۴۶
- شکل ۲-۱۷ نمودار $P_{elect,thr}$ بر حسب $|\ln \sqrt{R}|$ ۴۷
- شکل ۲-۱۸ نمایی از چیدمان لیزر Nd:YAG دمش از انتها توسط لیزر نیم‌رسانا ۴۹
- شکل ۲-۱۹ توان متوسط خروجی لیزر بر حسب توان متوسط دمش ورودی لیزر نیم‌رسانا برای جفت‌شدگی خروجی با ضریب بازتاب ۲۵٪ ۴۹

- شکل ۲-۲۰ توان متوسط خروجی لیزر بر حسب توان متوسط دمش ورودی لیزر نیمرسانا برای جفت شدگی خروجی با ضریب بازتاب ۳۰٪..... ۵۰
- شکل ۲-۲۱ توان متوسط خروجی لیزر بر حسب توان متوسط دمش ورودی لیزر نیمرسانا برای جفت شدگی خروجی با ضریب بازتاب ۶۰٪..... ۵۰
- شکل ۲-۲۲ نمودار $P_{\text{elect,thr}}$ بر حسب $|\ln \sqrt{R}|$ ۵۱
- شکل ۳-۱ مشدد تخت_تخت با قرار دادن روزنه درون آن..... ۵۴
- شکل ۳-۲ پرتو گاوسی اولیه..... ۵۵
- شکل ۳-۳ شدت مد گاوسی TEM_{00} بر حسب شعاع روزنه در یک رفت و برگشت درون مشدد تخت_تخت..... ۵۶
- شکل ۳-۴ شدت مد TEM_{01} بر حسب شعاع روزنه در یک رفت و برگشت درون مشدد تخت_تخت..... ۵۷
- شکل ۳-۵ مشدد نیم کره ای با قرار دادن روزنه درون آن..... ۵۸
- شکل ۳-۶ شدت مد شبه گاوسی TEM_{00} بر حسب شعاع روزنه در یک رفت و برگشت درون مشدد نیم کره ای..... ۵۸
- شکل ۳-۷ شدت مد TEM_{01} بر حسب شعاع روزنه در یک رفت و برگشت درون مشدد نیم کره ای..... ۵۹
- شکل ۳-۸ نمایه فرضی از هندسه دمش..... ۶۰
- شکل ۳-۹ پرتو گاوسی ورودی به محیط فعال..... ۶۱
- شکل ۳-۱۰ پرتو خروجی از محیط فعال در سه بعد..... ۶۱
- شکل ۳-۱۱ پرتو خروجی از محیط فعال در دو بعد..... ۶۲
- شکل ۳-۱۲ مشدد لیزری نیم کره ای با حضور محیط فعال..... ۶۲
- شکل ۳-۱۳ پرتو شبه گاوسی TEM_{00} یکبار عبور کرده از محیط فعال..... ۶۳
- شکل ۳-۱۴ پرتو شبه گاوسی TEM_{00} دوبار عبور کرده از محیط فعال..... ۶۴
- شکل ۳-۱۵ مد TEM_{01} پس از یکبار عبور از محیط فعال..... ۶۴

- شکل ۳-۱۶ مد TEM_{01} پس از دوبار عبور از محیط فعال..... ۶۵
- شکل ۳-۱۷ مؤلفه فازی مارپیچی با $N = 1$ و ارتفاع ناپیوستگی برابر با اختلاف فاز 2π ۶۷
- شکل ۳-۱۸ مؤلفه فازی مارپیچی با $N = 1$ ۶۸
- شکل ۳-۱۹ مشدد لیزری با حضور دو SPE..... ۶۹
- شکل ۳-۲۰ توان اتلاف در رفت و برگشت بر حسب عدد فرنل (a) در یک پیکربندی بدون SPE (b) با استفاده از SPE $N = 1$ ۷۰
- شکل ۳-۲۱ توزیع فازی SPE چند لایه‌ای پیشنهادی..... ۷۲
- شکل ۴-۱ لیزر نیم‌رسانا..... ۷۸
- شکل ۴-۲ ساختار بازآواگر هم کانون..... ۷۹
- شکل ۴-۳ ساختار بازآواگر نیم‌کروی..... ۷۹
- شکل ۴-۴ کمر پرتو پس از یک رفت درون مشدد، بر حسب شعاع انحنای آینه خروجی..... ۸۱
- شکل ۴-۵ حجم مدی بر حسب شعاع انحنای آینه خروجی..... ۸۲
- شکل ۴-۶ برپایی لیزر دمیده شده توسط لامپ درخشی به منظور بدست آوردن مد عرضی..... ۸۳
- شکل ۴-۷ نمودار انرژی خروجی لیزر بر حسب انرژی ورودی..... ۸۵
- شکل ۴-۸ نمودار انرژی خروجی لیزر بر حسب پهنای تپ دمشی..... ۸۵
- شکل ۴-۹ نمودار انرژی خروجی لیزر بر حسب طول مشدد..... ۸۶
- شکل ۴-۱۰ برپایی لیزر دمش از انتها توسط لیزر نیم‌رسانا برای بدست آوردن مدهای مختلف..... ۸۷
- شکل ۴-۱۱ شمای فرضی از برپایی آزمایشگاهی..... ۸۷
- شکل ۴-۱۲ شکل های (a) و (b) به ترتیب نمایه دو و سه بعدی میدان نزدیک مد TEM_{00} (c) نمایه میدان دور مد TEM_{00} ۸۸
- شکل ۴-۱۳ شکل های (a) و (b) به ترتیب نمایه دو و سه بعدی میدان نزدیک مد TEM_{01} (c) نمایه میدان دور مد TEM_{01} ۸۸

- شکل ۴-۱۴ شکل های (a) و (b) به ترتیب نمایه دو و سه بعدی میدان نزدیک مد TEM_{20} (c) نمایه میدان دور مد TEM_{20} ۸۹
- شکل ۴-۱۵ اندازه گیری ضریب کیفیت به وسیله عدسی ۹۳
- شکل ۴-۱۶ نمایه ای از پرتو گاوسی بدست آمده همراه با مشخصات آن ۹۵
- شکل ۴-۱۷ نمایه ای از پرتو گاوسی بدست آمده همراه با مشخصات آن ۹۷

فهرست جدول ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲ پارامترهای محاسبه شده برای جفت شدگی خروجی با ضریب بازتاب های مختلف.....	۴۵
جدول ۲-۲ توان الکتریکی متوسط آستانه برای آینه های با بازتاب مختلف.....	۵۱
جدول ۱-۳ بازده تبدیل بر حسب تعداد پله های فازی (N).....	۷۲
جدول ۱-۴ مشخصات لیزر نیم رسانا.....	۷۷
جدول ۲-۴ نمایه مد خروجی بر حسب قطر روزنه.....	۸۴
جدول ۳-۴ مقایسه نتایج تجربی و نظری پارامترهای مشدد برای مد TEM_{01}	۸۹
جدول ۴-۴ مقایسه نتایج تجربی و نظری پارامترهای مشدد برای مد TEM_{01}	۸۹
جدول ۵-۴ تغییر نمایه مد TEM_{01} با تغییر مختصه X روزنه.....	۹۰
جدول ۶-۴ تغییر نمایه مد TEM_{01} با تغییر مختصه Y روزنه.....	۹۱
جدول ۷-۴ تغییر نمایه مد TEM_{01} با تغییر شعاع روزنه.....	۹۱
جدول ۸-۴ تغییر نمایه مد با تغییر فاصله روزنه از میله لیزری.....	۹۲
جدول ۹-۴ مشخصات لازم برای محاسبه ضریب M^2 پرتو گاوسی بدست آمده برای طول مشدد $L = 30.88mm$	۹۵
جدول ۱۰-۴ مشخصات لازم برای محاسبه ضریب M^2 پرتو گاوسی بدست آمده برای طول مشدد $L = 27.53mm$	۹۶
جدول ۱۱-۴ مشخصات لازم برای محاسبه ضریب M^2 پرتو گاوسی بدست آمده برای طول مشدد $L = 34.03mm$	۹۷

فصل اول

انتشار پرتو در بازآواگر^۱ لیزری

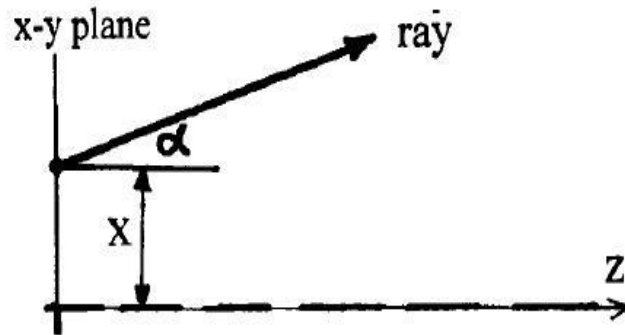
۱-۱ مقدمه

در این فصل پرتوهای نوری را تعریف می‌کنیم که در آن، باریکه پرتو با واگرایی بسیار ناچیزی در حال انتشار است که به پرتوهای پیرامحوری موسومند. ابتدا رفتار پرتو را در یک سامانه اپتیکی، سپس، پراش میدان الکتریکی پرتو را از مؤلفه‌های اپتیکی پراشنده بررسی کرده‌ایم. در آخر، به توصیف توزیع میدان‌های الکتریکی مربوط به مدهای عرضی مختلف درون بازآواگر لیزری، پرداخته‌ایم.

۲-۱ ماتریس انتقال پرتو

برای توصیف مسیر یک پرتو در سامانه اپتیکی باید موقعیت پرتو نسبت به محور اپتیکی و جهت پرتو نسبت به این محور را مشخص کنیم شکل (۱-۱).

^۱ Resonator



شکل ۱-۱: موقعیت پرتو نسبت به محور اپتیکی و جهت پرتو نسبت به این محور [۱]

اگر پرتو در فضای آزاد منتشر شود و موقعیت آن، ابتدا در نقطه x_1 تحت زاویه شیب کوچک α_1 باشد و موقعیت آن پس از طی کردن مسافت L ، در نقطه x_2 و با زاویه شیب α_2 باشد، آنگاه برای انتشار پرتو در فضای آزاد، داریم [۱]:

$$\alpha_2 = \alpha_1 \quad (1-1)$$

$$x_2 = x_1 + L\alpha_1 \quad (2-1)$$

این روابط را می توان به صورت ماتریسی نوشت:

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ \alpha_2 \end{pmatrix} = M_{FS} \begin{pmatrix} x_1 \\ \alpha_1 \end{pmatrix} \quad (3-1)$$

$$M_{FS} = \begin{pmatrix} 1 & L \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4-1)$$

برای هر مؤلفه اپتیکی خطی مانند آینه یا عدسی می توان یک ماتریس M یافت که انتقال پرتو را زمانی که از آنها عبور می کند، توصیف کند. ماتریس M ماتریس انتقال نامیده می شود. بنابراین پارامترهای ورودی و خروجی از یک مؤلفه اپتیکی، توسط ماتریس انتقال پرتو به هم مربوط می شوند.

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ \alpha_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ \alpha_1 \end{pmatrix} \quad (5-1)$$

اگر پرتو از n مؤلفه اپتیکی با ماتریس های انتقال به ترتیب از چپ به راست، M_1, M_2, \dots, M_n عبور کند، موقعیت آن نسبت به حالت اول، با ماتریس M که به صورت $M = M_n \times \dots \times M_1$ تعریف می شود، بیان می شود.

۱-۲-۱ بازآواگرهای لیزری

یک بازآواگر نوری معمولاً از دو آینه کروی با شعاع انحنای R_1 و R_2 و فاصله جدایی L تشکیل شده است. پرتو نوری در داخل بازآواگر لیزری، رفت و برگشت دارد. اگر پرتو بعد از بی نهایت رفت و برگشت داخل بازآواگر، نزدیک به محور اپتیکی باقی بماند و شکل جبهه موج خود را حفظ کند، این بازآواگر پایدار است و چنانچه پرتو به طور طبیعی از کنار یکی از آینه ها عبور کند، بازآواگر ناپایدار است. با استفاده از قانون ABCD می توان پایداری یک بازآواگر را بررسی کرد.

۱-۱-۲-۱ شرط پایداری بازآواگر

با معرفی پارامتر g برای آینه های بازآواگر، می توان شرط پایداری را به صورت رابطه (۶-۱) برای یک بازآواگر بدست آورد.

$$g_i = 1 - \frac{L}{R_i} \quad (6-1)$$

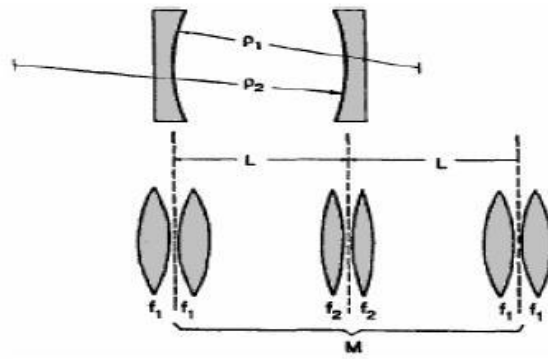
$$0 < g_1 g_2 < 1 \quad (7-1)$$

در یک روش جالب که در شکل (۲-۱) نشان داده شده، می توان هر دو آینه را با دو عدسی به فاصله کانونی در یک روش جالب که در شکل (۲-۱) نشان داده شده، می توان هر دو آینه را با دو عدسی به فاصله کانونی $f_i = R_i (i=1,2)$ جایگزین کرد و ماتریس رفت و برگشت در بازآواگر لیزری را به صورت زیر نوشت [۲]:

$$M = M_{f_1} M_L M_{f_2} M_L M_{f_1} \quad (8-1)$$

$$M = \begin{pmatrix} G & 2Lg_2 \\ \frac{G^2 - 1}{2Lg_2} & G \end{pmatrix} \quad G = 2g_1g_2 - 1 \quad (9-1)$$

این روش باعث می‌شود ماتریس انتقال پرتو ($A = D$) و محاسبات مربوط به رفتار انتشار پرتو، بسیار ساده شود. مقدار شعاع انحنای برای آینه‌های مقعر مثبت و برای آینه‌های محدب منفی خواهد بود.



شکل ۱-۲: مسیر رفت و برگشت در بازآواگر لیزری که می‌توان آن را با عبور پرتو از مجموعه‌ای از عدسی‌ها

معادل دانست

ماتریس M نمایشی از تغییرات فیزیکی پرتو (شعاع انحنای یا شعاع لکه لیزر) بعد از یک رفت و برگشت است. چنانچه معادله ویژه حالت- ویژه مقدری ماتریس M با ویژه مقدار μ و ویژه بردار U را به صورت زیر بنویسیم

$$MU = \mu U \quad (10-1)$$

می‌توان گفت ویژه مقدار نمایشی از بزرگ‌نمایی سامانه نوری است.

$$\mu_a = G + \sqrt{G^2 + 1}$$

$$\mu_b = G - \sqrt{G^2 - 1}$$

(11-1)