

لیزرهای رزینهای (رنگین) بادمش به وسیله لیزر مولکولی ازت

* * *
اکبرحریری ، مصطفی ترکا شوند ، احمد کرمی ، فردین اردوانی

مرکز تحقیقات هسته‌ای
سازمان انرژی اتمی ایران

چکیده در این مقاله طراحی دو نمونه لیزر رزینهای (رنگین) ارائه میشود . دوروش از روشهای موجود در باریک کردن پهنای خط لیزری مورد بحث قرار خواهد گرفت . این دوروش استفاده از تلسکوپ و منشور است که در داخل کاواک لیزری به عنوان بازکننده پرتو قرار می گیرند . توری اپتیکی در دو وضعیت به صورت آرایش لیترو است . خروجی لیزر تقریباً " در وضعیت محدود شده پراشی است و پهنای حدود $1/0 \text{ \AA}$ با زمان تپ (پالس) 83 ns به دست داده است . در یکی از طرح های سلول رنگ ، کاهش زیادی در گسیل خود بخود تقویت شده (ASE) وجود داشته و این مقدار کمتر از ۳٪ اندازه گیری شده است .

مقدمه

لیزرهای اولیه می باشد . از ویژگی های این نوع لیزر آنستکه چون مواد آلی رنگین دارای نوارهای درآشامی گسترده می باشند ، لذا با استفاده از محیط های پاشنده مختلف نظیر منشور ، توری اپتیکی کریستال های دوشکستی میتوان به طول موجهای مورد نظر از ناحیه نزدیک فرابنفش (311 nm) تا نزدیک فروسرخ ($1.3 \mu\text{m}$) دسترسی پیدا کرد . انگیزش این لیزر توسط لامپهای درخش (Xe flash-lamps) ، و سایر لیزرهای گازی و جامد از نوع پیوسته (نظیر Ar^+) و یا پالسی (نظیر لیزرهای $\text{Nd} : \text{YAG}$ (2ω) ، Ruby (2ω) ، KrF ، XeCl ، Xe^+ ، N_2) صورت می گیرد (۳) . در لیزرهای رزینهای ، مواد آلی مورد نظر از حل ملکول گرم معینی از ماده در حلالهای آلی ، تهیه می گردد . این مولکولها اکثراً " بعلت جذب شدید پرتوهای دمش بخصوص در ناحیه فرابنفش گسترده شده از فعالیت بازمی ایستند ، بدین منظور ، در لیزرهای تپی (پالسی) معمولاً " این مواد را با سرعت ملایمی از سلول حاوی رنگ عبور می دهند . سرعت دمش نیز در ایجاد نوسان بسیار موثر است و این زمان می باید بسیار کوتاه باشد .

لیزرهای رزینهای (Dye Lasers) از رده لیزرهای بشمار می آیند که امروزه موارد استفاده های بیشتر یافته اند . از ویژگی های این لیزر ، تنظیم پیوسته طول موج ، پهنای باریک نوار لیزری و دامنه وسیع بینابنی رامی توان نام برد . در سال ۱۹۶۶ ساروکی و لنکار در ماساچوست تحقیقاتی توسط تاماس جسی واتسون آی بی ام در حین مطالعه اثر امان رزنانس در محلول Chloro-aluminium-phthalocyanine با انگیزش توسط لیزر با قوت پالسی سریع ، به گسیل تحریکی مولکولهای آلی پی بردند (۱) . در همان زمان نیز بطور مستقل در دانشگاه ماربرگ (Marburg) شافرو همکارانش در حین مطالعه رنگهای اشباع پذیر گروههای سیانین بجای مشاهده اشباع درآشامی با افزایش غلظت محلول مورد آزمایش در هنگام تابش محلول با پرتوی لیزر با قوت ، پی به ماهیت نوسان لیزری بردند (۲) . بدین ترتیب ، این لیزر بطور تصادفی زمانی پایه عرصه وجود نهاد که صد ها نوع محیط فعال لیزری شناخته شده بود . این لیزر تکمیل یافته انواع لیزر نبوده و خود از نظر اهمیت در حداث اختراع

بدین سبب است که در لیزرهای موج پیوسته، عبور محلول رنگ بصورت باریکه‌ای جت مانند و بسیار سریع انجام می‌گیرد. امکان استفاده از رنگ‌های آلی بصورت بخار نیز ممکن است، ولیکن این روش هنوز به صورت تجارتي معمول نشده است. در این مقاله طراحی و ساخت و سپس بکار انداختن و تنظیم طول موج لیزر رزین‌های که با لیزر ازت دیده می‌شود مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. همچنین، روش‌های مختلفی که برای تنظیم طول موج بکار می‌رود ارائه گشته، محاسن و معایب هر یک مورد بحث واقع خواهد شد. گرچه دو نمونه لیزر ازت (فشار پائین و فشار بالا) بدین منظور ساخته شده است ولیکن اکثر بررسی‌های تجربی با لیزر N_2 که قبلاً "گزارش گردید با مشخصات قدرت ماکسیم $P_M \approx 200 \text{ kW}$ و پهنای تپ نورانی (FWHM) $\sim 5n \text{ sec}$ انجام پذیرفته است (۴).

از کار بردهای مهم این لیزر را می‌توان در مطالعات شیمیائی، سینتیک گازها، جداسازی ایزوتوپها، اسپکتروسکپی رامان، تعیین آلودگی هوا و استفاده در امور بیولوژی و پزشکی نام برد.

خواص دیدگانی مواد آلی رنگین

از نظر دیدگانی فیزیکی مواد آلی رنگین به موادی گفته می‌شود که دارای درآشام (جذب) در طول موج‌های نزدیک فرابنفش، مرئی و نزدیک فروسرخ باشند. خاصیت گسیل و همچنین درآشام این گونه مواد در گذشته مورد مطالعه واقع گشته و امروزه نیز به علت کاربردهای فراوان لیزر رنگ بخصوص در اسپکتروسکپی لیزر در یافتن مواد جدید آلی با پایداری عمر و کارائی بیشتر فعالیت می‌گردد. تحریک این مواد به کمک لامپهای قوی درخش (فلاش) و یا بمک لیزرهای دیگری که بتوانند بیناب جذبی ملکول را تحت پوشش خود قرار دهد انجام می‌گیرد.

برای آنکه بخواص دیدگانی مواد آلی رنگین بهترین بهره شود، با توجه به شکل ۱ که ترازهای انرژی ماده آلی را نشان می‌دهد به اختصار به چگونگی درآشام، گسیل فلورسانس و گسیل تحریکی در ملکول می‌پردازیم.

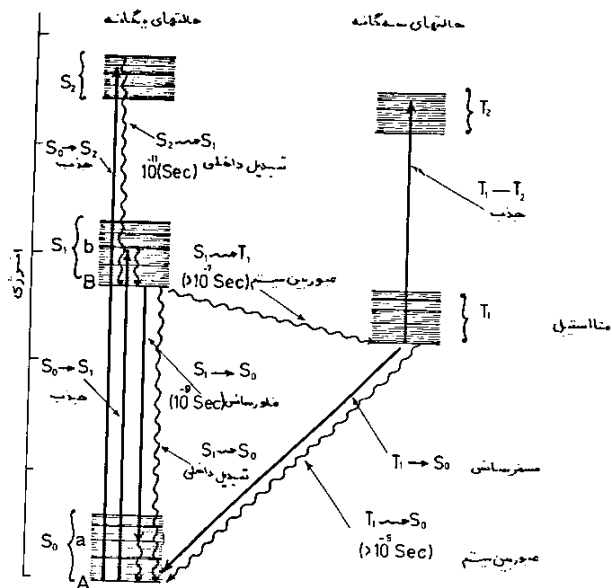
تراز الکترونی زمینه ملکول رنگ که با S_0 نشان داده شده است متشکل از دامنه وسیعی از ترازهای کوانتمی ارتعاشی و چرخشی ملکول است. اختلاف انرژی بین ترازهای ارتعاشی مجاور (در شکل با خطوط پر نشان داده شده است) در حدود ۱۴۰۰ تا ۱۷۰۰ عدد موج (cm^{-1}) و ترازهای چرخشی در حدود

۱۰ تا ۲۰ عدد موج است. بنابراین، ترازهای چرخشی ملکول یک حالت تقریباً "پیوسته‌ای" را بین ترازهای ارتعاشی بوجود می‌آورند. بدین سبب می‌توان گفت که ملکول در این تراز و همچنین سایر ترازهای الکترونی خود بیناب پیوسته‌ای را تشکیل می‌دهد. چنانچه ملکول رنگ با جذب فوتونی از یک منبع خارجی از حالت زمینه S_0 به حالت برانگیخته S_1 ، $(A \rightarrow B)$ و یا S_n ($n > 1$) تحریک شود، ملکول در تراز S_1 پس از تراز مندی بولتزن من به پائین‌ترین حالت ارتعاشی یعنی (B) S_1 خواهد رسید (تحریک ترازهای الکترونی $n = 2$ و بالاتر مربوط به دیده شدن ملکول توسط منابع فرابنفش است). ملکول در تراز اخیر پایداری نبوده و انتقال طبق اصل فرانک کوردون به حالت‌های مختلف کوانتم ارتعاشی - چرخشی حالت زمینه S_0 یعنی $(B \rightarrow a)$ با گسیل همراه خواهد بود. این گسیل خود بخود را که فلورسانس می‌نامند حالت مجاز اسپین داشته، نیمه عمری در حدود ۹-۱۰ ثانیه را داراست. در تراز ارتعاشی (a) S_0 نیز ملکول با واهلش‌های سریع ارتعاشی - چرخشی به پائین‌ترین تراز خود بازگشت می‌نماید. عمل لیزر بشرط آنکه شرایط لازم برای بهره دیدگانی (optical Gain) فراهم آورده شود بیسن پائین‌ترین تراز ارتعاشی S_1 یعنی B و ترازهای اشغال نشده S_0 صورت می‌گیرد. در این تحول، انرژی پرتوی گسیل شده کمتر از انرژی جذب شده توسط ملکول است.

بیناب‌های پیوسته و همگن مربوط به گسیل لیزر رنگ یکی از محاسن شگفت‌آور این نوع لیزر بشمار می‌آید چه با قرار دادن المانهای پاشنده‌ای نظیر منشور (Prism) و توری (Grating) در داخل گاو اکلیزر (Laser Cavity) می‌توان طیف بسیار باریکی را در حد اعشاری از عدد موج بدست آورد.

علاوه بر فلورسانس، ملکول در تراز S_1 گذارهای خود بخود دیگر را نیز داراست که در تضعیف بهره کوانتمی فلورسانس بسیار موثر است. این گذارها عبارتند از: (۱) گذار نانتاب $(S_1 \text{ Nonradiative Transition})$ به S_0 که به آن تبدیل داخلی (Internal Conversion) گویند، (۲) گذار نانتاب S_1 به پائین‌ترین تراز سه گانه یعنی T_1 که انتقالی است از نظر اسپین غیر مجاز و منشاء آن برخورد های ملکولی است و آنرا عبور بین سیستم $(Intersystem Crossing)$ نامند. نیمه عمر تراز T_1

بسیار طولانی ترازیبمه عمر فلورسانس است. این ترازهمانند دامی بر سر راه ملکول های تحریکی در حالت یگانه بوده و مانعی جدی برای ایجاد عمل لیزر بشمار می آید. گذاردن ترازهای سد گانه $T_1 \rightarrow T_2$ نیز از نظر اسپین مجاز و دارای مقطع موثر بزرگی است. انگیزش ملکول از تراز S_1 به ترازهای بالاتر یگانه S_{11} بد علت انطباق بسامد آن با بسامد فلورسانس و یا بسامد پرتوی جذب شونده دارای اهمیت نیز می باشد.



شکل ۱ - ترازهای اسرزی مولکول رنگ

شکل ۳ به نمایش گذاشته شده است. در این طرح پنجره ها با زاویه ای برابر با ۳ درجه به دو طرف سلول توسط اورینگ محکم می شوند و یک لوله استوانه از کوارتز به قطر ۶ mm که انتهای آن بسته شده است توسط اورینگ در محلی که ناحیه محیط فعال را تشکیل میدهد وارد و در آنجا محکم می شود. محلول رنگ می تواند توسط پمپی کوچک در سلول جریان یابد، ولیکن نظر به سریع بودن پالس های لیزر دمش و لذا ناچیز بودن اثر حالت های سه گانه، محلول رنگ را می توان برای مدت زیادی در سلول تحت تابش نگاه داشت بدون آنکه در خروجی لیزر رزین های تغییر محسوسی ایجاد شود.

عدسی متمرکز کننده یک عدسی همگرا از کوارتز است (f = 15 cm) که روی یک نگاه دارنده قابل تنظیم تعبیه شده و در جلوی خروجی لیزر ازت قرار می گیرد. تنظیم تمرکز پرتو بر روی استوانه ورودی سلول توسط این عدسی انجام می گیرد. سلول رنگ روی پایه ای قرار می گیرد و بهترین موقعیت آن را با مشاهده فلورسانس قوی و ASE که به صورت نقطه ای ضعیف دیده می شود می توان به دست آورد.

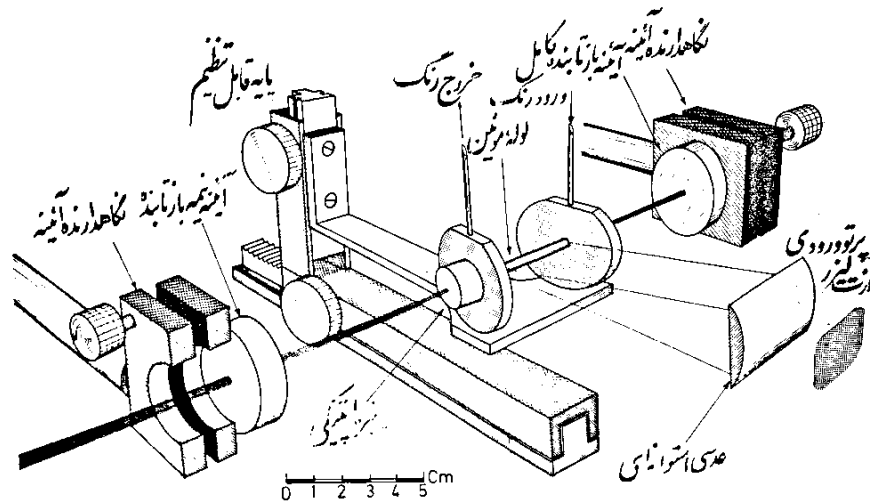
روش آزمایش

الف - طراحی سلول رنگ

در این آزمایش از دو طرح کاملاً متفاوت سلول رنگ استفاده گردید. در طرح اول شکل ۲ خروجی لیزر ازت توسط یک عدسی استوانه ای کوارتز با فاصله کانونی $f = 5 \text{ cm}$ روی سلول ساخته شده از لوله موئین از جنس کوارتز متمرکز گردید. طول این سلول ۲ cm است با پنجره های تخت که نسبت به امتداد عمود بر محور لوله زاویه ای حدود ۱۵ درجه می سازد. این انحراف باعث عدم ایجاد نوسان روی پنجره های سلول می گردد. نوسان با دو آئینه (تمام بازتابان با شعاع انحناء زیاد و تخت) که در دو طرف سلول روی نگاه دارنده تعبیه می شود انجام گرفت. در این طرح، عدسی متمرکز کننده را ثابت گرفته و سلول رنگ را روی سیستم تنظیم دقیق در جهت های عمودی و افقی تعبیه نمودیم. برای رنگ به کار رفته رودامین ۶G، غلظت برای این غلظت $N = 3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ خواهد شد. چون سطح مقطع در آثامی $\sigma_a(\lambda_p)$ این محلول در طول موج دمش $(\lambda_p = 237/1 \text{ nm})$ برابر با $2/4 \times 10^{-17} \text{ cm}^2$ است (۸) عمق در آثامی $(\sigma_a N)^{-1}$ در غلظت به کار رفته شده $1/4 \times 10^{-2} \text{ cm}$ خواهد شد. گسیل خودبخود تقویت شده (ASE) در این آرایش بسیار بالا بوده و حتی بدون استفاده از آئینه های بازتابان نیز گسیل لیزری ایجاد می گردد.

در نوع دیگر طراحی سلول رنگ، سعی گردید که اولاً بتوان ASE را بطور بارزتری تضعیف نمود. ثانیاً در مورد نظافت پنجره ها و تعویض آنها تسهیلاتی فراهم کرد. چنین سلولی در

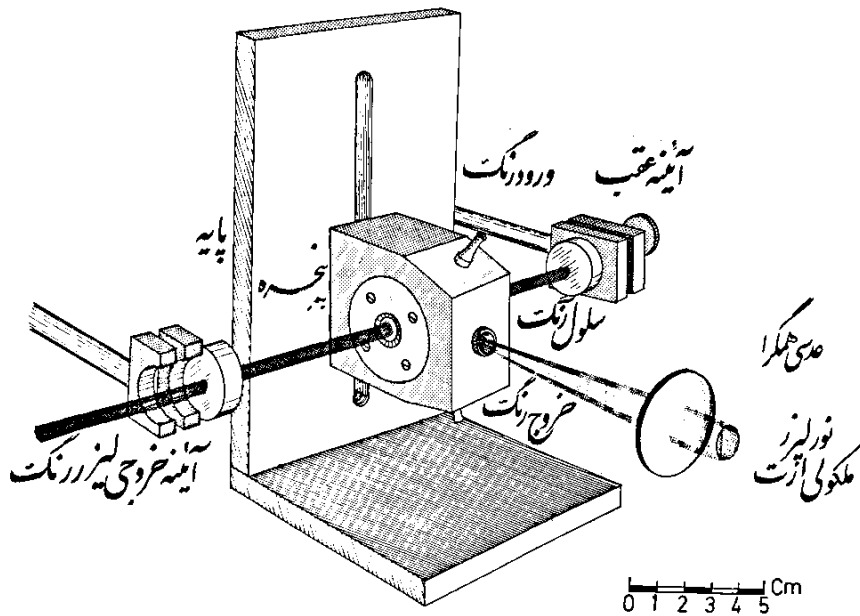
Amplified Spontaneous Emission



شکل ۲- طرح یک لیزر رنگ بادش اپتیکی عرضی. در این طرح از یک عدسی استوانه‌ای با فاصله کانونی $f = 50 \text{ mm}$ استفاده گردید. محیط فعال (محلول رودامین B و بارودامین 6G) در داخل لوله موثرین از جنس کوارتز جریان می‌یابد.

محسوس بود. بدین سبب است که در طرح فوق تمام قطعاتی که بارنگ در تماس هستند از استیل ضد رنگ ساخته شده‌اند.

در اینجاست باید متذکر شد که رنگ‌های مزبور خوردگی شدیدی در تماس با فلزی که سلول را از آن می‌سازند ایجاد می‌کند. در سلول دیگری که از آلومینیوم ساخته شده بود این خوردگی کاملاً



شکل ۳- طرح یک سلول رنگ‌گشاده از استیل ضد رنگ ساخته شده است. دمش محلول رودامین 6G و ریس رودامین B داخل سلول به کمک یک عدسی کروی با فاصله کانونی $f = 150 \text{ mm}$ انجام می‌گیرد. این طرح به طریق بارزی گسیل خود بخود تقویت شده (ASE) را تضعیف می‌کند.

ب- تنظیم طول موج در لیزررزینهای

رودامین B این امکان را به دست می‌دهد که مقدار انحراف مورد نظر توسط باریکه لیزر هلیوم نئون (که برای هم محوری بکاررفته است) دقیقاً مشخص شود. از رابطه (۲) مقدار $\delta\theta$ برابر با $(1 \pm 4) \text{ \AA}$ به دست می‌آید.

برای کم کردن $\delta\theta$ می‌توان از یک تلسکوپ وارون (Beam Expander) استفاده کرد. اگر M بزرگنمایی تلسکوپ باشد، واگرایی پرتو با M کوچک خواهد شد. یعنی

$$\delta\lambda = \frac{\delta\theta}{M} \frac{1}{d\beta/d\lambda} \quad (3)$$

چنین آرایشی را نوع هانچ (Hansch) می‌نامند (۶). شکل ۴ نمایشی از این طرح را نشان می‌دهد. روش هانچ از قدیمی‌ترین روش‌هایی است که به منظور کم کردن واگرایی پرتو و نتیجه کم کردن پهنای نوار خروجی لیزر به کار برده شده است. در این آزمایش گونه‌های مختلفی از تلسکوپ وارون به کمک عدسی‌های همگرا تشکیل داده شد. به علت نیاز به بزرگنمایی بالا، اولین عدسی به فاصله کانونی f_1 را از دو نوع عدسی شیئی میکروسکپ استفاده کردیم ($f_1 = 15 \text{ mm}$ و $f_1 = 3$). دومین عدسی همگرا به فاصله کانونی $f_2 = 100 \text{ mm}$ انتخاب نمودیم. این ترکیب چنانچه طوری قرار گیرد که کانون عدسی‌ها روی یکدیگر منطبق شوند، بزرگنمایی تلسکوپ را به ترتیب برابر با ۷ و ۳۳ $M = f_2/f_1$ به دست خواهند داد. بنابراین پهنای خط لیزر به ترتیب خواهد شد. $0.1 \pm 0.06 \text{ A}^\circ$ و $0.1 \pm 0.03 \text{ A}^\circ$ $\delta\lambda$ وجود اتالون در داخل کاواک مقدار $\delta\lambda$ را با هم می‌تواند کوچکتر کند. تغییر زاویه اتالون تنظیم ظریف تر طول موج را به همراه دارد، این امر حصول نوسان روی یک تک مد طولی را نیز میسر خواهد ساخت.

تلسکوپ وارون اصولاً "حجم زیادی را در داخل کاواک اشغال می‌کند و همچنین تعداد زیادی از سطوح (به خصوص اگر سطوح روی طول موج مورد نظر لایه ضد انعکاس نداشته باشند) را در بر می‌گیرد. به علاوه، هم محور کردن اپتیکی آن چندان ساده نیست. بدین سبب است که روش دیگری برای کم کردن واگرایی با استفاده از منشور پیشنهادی به کار گرفته شد (۷). شکل ۵ نوعی از این آرایش که عمل لیزر توسط آن حاصل شده است را نشان می‌دهد. استفاده از منشور بجای تلسکوپ وارون عملاً "آسان‌تر بوده و به علاوه استفاده از آن از نظر اقتصادی نیز

به طوری که گفته شده علت پهن بودن نوار بیناب در اینگونه لیزر، تنظیم طول موج برای هر رنگ مورد نظریه وسیله‌المانهای پاشنده اپتیکی امکان پذیر است. در لیزرهای پالسی، نظیر لیزر N_2 ویلامپ فلاش استفاده از توری اپتیکی متداول‌ترین روش محسوب می‌شود. ابتدا تنظیم به طریق لیترو (Littrow) را مورد بحث قرار می‌دهیم. در این آرایش از یک توری اپتیکی مخصوص برای لیزررزینهای به ابعاد $25 \times 25 \text{ mm}^2$ که ناحیه شیارد را $23 \times 23 \text{ m}^2$ است (کارخانه ژوبان نیوان) استفاده کردیم. تعداد خط در این توری ۱۸۰۰ در میلی‌متر است. این توری به جای آئینه تمام بازتابان قرار می‌گیرد. از یک قطعه کوارتز مسطح $\lambda/10$ نیز برای خروجی استفاده گردید. پاشندگی زاویه‌ای در آرایش لیترو از رابطه:

$$\frac{d\beta}{d\lambda} = \frac{2 \tan\beta}{\lambda} \quad (1)$$

به دست می‌آید که در آن β زاویه پاش است (و مساویست با زاویه فرودی). اگر $\delta\theta$ واگرایی پرتو فرودی روی توری باشد پهنای نوار در این آرایش خواهد شد (۳ - ۲).

$$\delta\lambda = \frac{\delta\theta}{d\beta/d\lambda} \quad (2)$$

برای کم کردن $\delta\lambda$ معمول آنست که توری را طوری انتخاب کنیم که $\frac{d\beta}{d\lambda}$ آن زیاد باشد، به عبارت دیگر طبق رابطه (۱) برای طول موج معینی، β می‌باید بزرگ باشد و همچنین $\delta\theta$ را می‌باید کوچک نمود. در توری به کار رفته برای محلول رودامین B (مولاریته 3×10^{-5} در اتانول) در طول موج 630 nm ، زاویه β حدود 55 درجه است. رابطه (۱) پاشندگی زاویه‌ای را برابر با $4/5 \times 10^{-4} \text{ rad/A}^\circ$ به دست می‌دهد. مقدار $\delta\theta$ را مستقیماً با جایگزین کردن یک آئینه تمام بازتابان به جای توری اپتیکی می‌توان اندازه گرفت. روش کار تعیین توان خروجی در حالت هم محوری کامل و سپس تعیین مقدار انحراف یکی از آئینه‌ها در وضعیتی است که این توان به نصف برسد (۵). این آزمایش به کمک یک آشکارساز فوتوولتیک Si انجام پذیرفت. با در نظر گرفتن ماکسیم خطای آزمایش این زاویه برابر با $(4/2 \pm 0) \text{ m rad}$ تعیین گردید. استفاده از

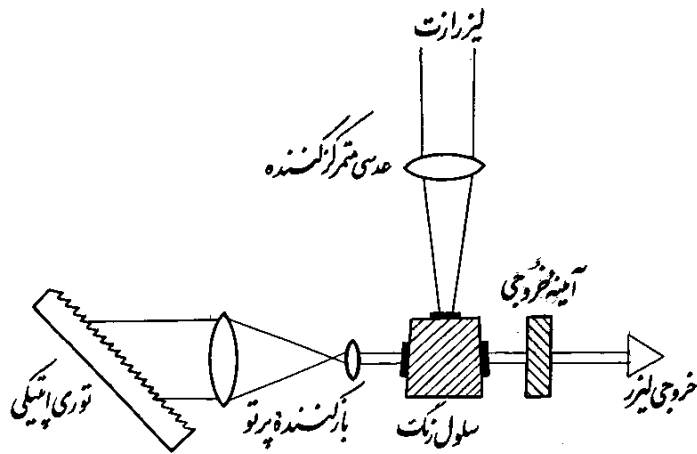
مقرون به صرفه است و باریکی نوار خروجی لیزرنیز به همان مقداری است که تلسکوپ وارون به دست خواهد داد .

اگر θ_1 زاویه‌ای باشد که پرتوی نورانی تحت آن زاویه وارد منشور شود، بزرگنمایی M باریکه خروجی خواهد شد (۷)،

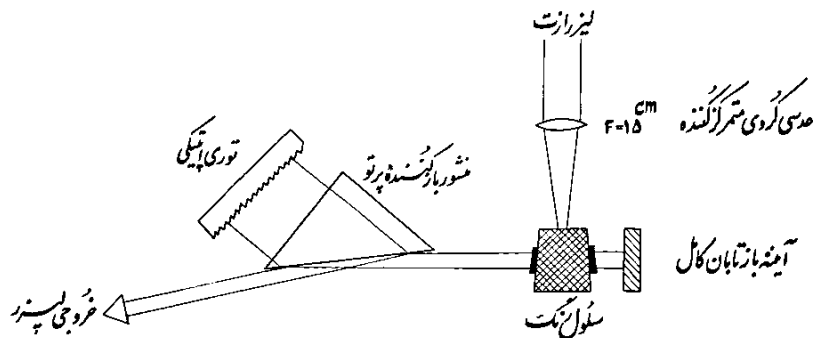
$$M = \left(\frac{n^2 - \sin^2 \theta_1}{n^2 - n^2 \sin^2 \theta_1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

که n ضریب شکست منشور است. بنابراین با افزایش θ_1 مقدار M بزرگ شده می‌توان حصول بزرگنمایی در مرتبه ۲۰ تا ۵۰ را از منشور انتظار داشت. نظریه اینکه منشور حجم کوچکی را اشغال می‌کند، لذا می‌توان طول کاواک لیزر را به اندازه کافی کوچک اختیار کرد. عدم مزیت این سیستم را می‌توان از آن دانست که در زوایای ورودی نزدیک ۹۰ درجه اتلاف بازتابی نیز زیاد می‌شود، ولیکن می‌توان از این بازتاب به عنوان خروجی

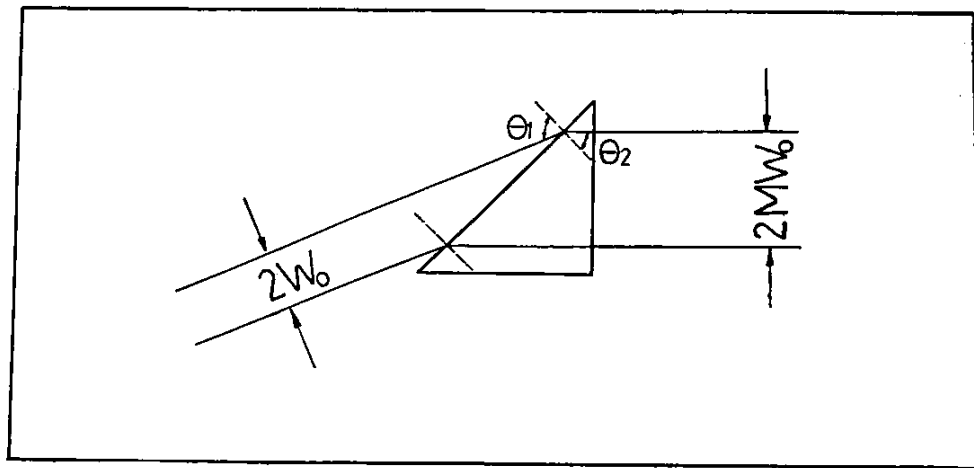
لیزر استفاده کرد مطابق شکل ۵. برای مینیم کردن تلفات در منشور می‌توان آنرا چنان تنظیم کرد که پرتوی ورودی عمود بر رخ دیگر منشور از آن خارج شود، شکل ۶. بدین ترتیب اگر $\delta\theta$ واگرایی در پرتوی ورودی به منشور باشد، پرتوی خارج شده دارای واگرایی $M \delta\theta$ خواهد شد. ضریب شکست منشور 1.49 ± 0.02 از طریق مینیم انحراف اندازه‌گیری شده است. برای زاویه ورودی θ_1 برابر با ۸۵ درجه بزرگنمایی از رابطه (۴) برابر با $M \approx 9$ خواهد شد. در نتیجه پهنای خط لیزر تقریباً $1 \text{ } \mu\text{m} (\pm 0.1)$ به دست خواهد آمد $(M \approx 42)$. برای زاویه ۸۹ درجه این بزرگنمایی $M \approx 42$ محاسبه می‌شود و لذا پهنای خط از رابطه (۳) خواهد شد $1 \text{ } \mu\text{m} (\pm 0.1)$ یا $2 \text{ cm}^{-1} \sim$. با گذاشتن اتالون در داخل کاواک بین منشور و نوری، این پهنای نوار را حتی بسیار کمتر از مقدار فوق هم می‌توان به دست آورد $(1 \text{ } \mu\text{m} \sim 0.01 \text{ cm}^{-1})$ (۷).



شکل ۴ - استفاده از آرایش هاج در لیزر زینه‌ای، پهنای خط لیزری را به کمک یک تلسکوپ وارون می‌تواند با $1 \text{ } \mu\text{m}$ تقلیل داد.



شکل ۵ - استفاده از یک منشور داخل کاواک لیزر به منظور باز کردن پرتوها و کم کردن پهنای خط لیزری. این آرایش پهنای حدود $1 \text{ } \mu\text{m}$ را به دست داده است. با قراردادن اتالون فابری پرو در داخل کاواک پهنای خط باز هم کمتری شود.



شکل ۶ - باز شدن پرنوکم شدن واگرایی بدوسیله منشور $2w_0$ قطر باریکه ورودی است (w_0 شعاع پرتو یا شعاع باریکه نامد می شود و M بزرگمائی منشور است .

کامل به جای توری تنظیم کننده استفاده کرده و خروجی لیزر را از توری در وضعیت مماسی (توری بازکننده پرتو) بدست آورده اند. دوروش اخیر مستلزم استفاده از توری باشیبار بخصوصی است که بتوان تحت زاویه فرودی مماسی لیزر را بکار انداخت.

در جایی که پهنای حدود چند آنگسترم مدنظر باشد می توان از سیستم بازکننده پرتو صرفه نظر کرده و کاواک لیزر را تنها بایک توری (مثلاً، در وضعیت لیترو) و یک آئینه تشکیل داد. در این آزمایش مشاهده گردید که چنانچه آئینه را تمام بازتابان انتخاب کرده و خروجی را از جهت رتبه صفر توری دریافت کنیم انرژی خروجی لیزر زیاد تر از وضعیتی است که آئینه را یک کوارتز تخت بدون پوشش انتخاب کرده و خروجی را از این آئینه بدست آوریم. با انتخاب آئینه تمام بازتابان فاکتور Q کاواک افزایش می یابد ولی مسیریاریکه لیزر را تنظیم لیزر (که با گردش توری انجام می گیرد) تغییر می کند.

یافته ها و بررسی آنها

الف) مدت زمان پالس

شکل ۷ نمونه ای از رفتار زمان پالس های پالس هایی که از خروجی لیزر زینهای توسط یک فوتودایود سریع ITL (بازمان صعود 100 ps) بدست آمده است را نشان می دهد. برای اجتناب از نوفه (Noise) های

در وضعیت محدود شده پراشی (Diffraction Limited) برای مقدار واگرایی داریم

$$\theta_D = \frac{\lambda}{\pi w_0 M} \approx \frac{\lambda}{\pi d M} \quad (5)$$

که در آن w_0 شعاع پرتو است که تقریباً "با عمق درآشامی d برابر است (۹). ($d = 1/4 \times 10^{-2} \text{ cm}$) برای بزرگمائی $M \approx 42$ در طول موج 5900 \AA با استفاده از رابطه (۲) چنانچه $\delta\theta$ را برابر با θ_D بگیریم پهنای نوار خواهد شد $\delta\lambda \approx 0.07 \text{ \AA}$ این مقدار با عددی که برای $\delta\lambda$ سیستم تک منشوری بالا یعنی (0.02 ± 0.01) آنگسترم تقریباً "در یک مرتبه از بزرگی هستند، یعنی این لیزر نزدیک به حالت محدود شده پراشی عمل می کند.

در اینجا می باید یاد آور شد که برای دستیابی به پهنای باریک لیزری علاوه بر دو روش فوق الذکر روش های دیگری نیز مورد استفاده واقع شده اند که از توری اپتیکی در وضعیت مماسی (Grazing Incidence) بهره گرفته شده است. این توری به منزله یک بازکننده پرتو عمل می کند. لیتمن (۱۰) ازدو توری اپتیکی برای کم کردن پهنای خط استفاده کرد، توری اول به منزله بازکننده پرتو و توری دوم که در وضعیت لیترو قرار می گیرد به منظور تنظیم طول موج است. بدین ترتیب در یک رفت و بازگشت از داخل کاواک، پرتو سه بار پراشیده می شود. شوشان و همکارانش (۱۱) از یک آئینه بازتابان

الکتريکي ناشي از کارليزر N_2 اين عکس درفاصله‌اي نسبتاً دور از سيستم ليزر دم‌ش گرفته شده است. پهناي پالس (FWHM) حدود ۳ ns است، درحالي که پهناي پالس ليزر دم‌ش ۵ ns مي‌باشد. بطوريکه عکس نشان مي‌دهد رفتار زماني با صعودي سريع آغاز شده و با واهلشي آهسته تر ختم مي‌شود. اين عکس هنگامي که ليزر دم‌ش در فرکانس ۱۰ Hz کارمي‌کرد براي مدت زمان ۱/۵ دقيقه گرفته شده است و نتيجه چند صد پالس نوراني است. عدم هماهنگي در دامنه‌هاي پالس‌هاي خروجي ناشي از نوسانهاي است که در خروجي پرتوي دم‌ش وجود دارد و يکي از عوامل آن ايجاد قوس‌هاي الکتريکي به علت استفاده از گاز ازت تجارتي و ديگري ضعيف بودن سيستم پيش يونش بکاررفته در ساخت ليزر N_2 است (۴).

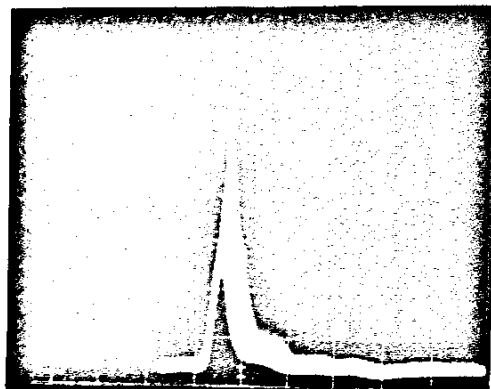
(ب) اندازه‌گيري درصد نسبت گسيل خودبخود تقويت شده (ASE) به گسيل برانگيخته

نظريه اينکه ليزر دم‌ش بسيار سريع است عمل ليزرمي‌تواند به صورت گسيل خودبخود تقويت شده نيز حاصل شود (يعني، ليزر بدون هيچ آئينه‌اي فعال است). اين گسيل نوار پهني را در برمي‌گيرد. هنگامي که از آلومان‌هاي پاشنده به منظور باريک کردن پهناي خط ليزر استفاده مي‌شود گسيل خودبخود برانگيخته در خالص بودن بيناب خروجي

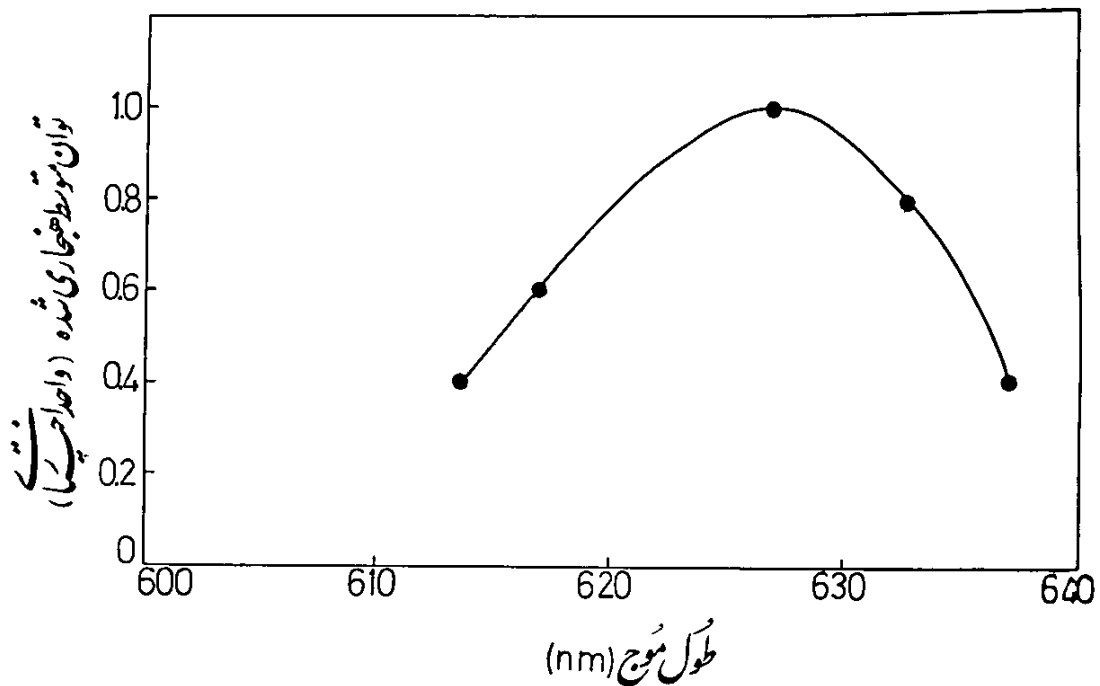
ناشير منعي گذاشته همواره کسري از نسبي سامند در خروجي ظاهر خواهد شد. ساير اين در نيراحي طول رنگ همساز استفاده از سسسم اپتيکي اس بکدرامي ساند در نيراحي که در الامکان ASE تضعف شود. در نمونه دوم طول رنگ سبز ۳ با توجه به آراش بکار رفته شده، تضعف ASE نسبت به نمونه‌هاي منداول منلا" تکل ۲ سار حتمگ کرده است. اندازه‌گيري خروجي ليزر زم‌ساي بککک ديگور ۱ و بککک فلترهاي ND، سبب خروجي ASE (ومي از آئينه‌اي استفاده نمي‌شود) به خروجي براککحه (ومي از آئينه‌اي ضريب بازتاب ۹۹/۵٪ به عنوان آئينه‌هاي ساي و رنگ آئينه کوارتز به عنوان آئينه خروجي در شکل کاواک استفاده مي‌شود) با در نظر گرفتن ماکسسم خطاي آزمائش اس مقدار کمتر از ۲ بدست آمده است.

(ج) تعين ناحه سبسي رنگ آلي مورد استفاده

بطوریکه قبلاً " اشاره شد هر رنگ ناحه سبسي ممبي را در بر مي‌گيرد. در مورد رودامس B بککک تک مومگرا سبسي کوچک (با قدرت بککک اندازه‌گيري شده ۷ A) رنگ مومگرا دا بود سلسلکان اس ناحه اندازه‌گيري شده و مفاد بر مومگرا انرژي ماکسسم خروجي همجاري شده بر حسب طول موجي که عمل ليزر حاصل شده است در شکل ۸ آورده شده است.



شکل ۷ - نمونه‌اي از رفتار زماني پالس‌هاي خروجي دوليزر زم‌ساي (مقياس زمان ۱ ns / ۵۰ ns) عکس از چند صد پالس روی بک فيلم گرفته شده است. بککک مومگرا بود سبسي (۷ A) سبسي صعودي (۱۰۰ ps) همرا با سلسکپ سري ۷۹۰۴ Tektronix با واحد ۱۰۰ ps / ۲۸۱۹ پالس‌هاي بپهناي (FWHM) ۳ ns داده است. پهناي ليزر دم‌ش ۵ ns است.



شکل ۸- انرژی خروجی لیزر (هنجاری شده) بر حسب طول موج

سجدگري

مولکول شده است. ولیکن روش اندازه گیری که برای محاسبه این پهنای بکار رفته است توسط اکثر پژوهشگران در نائیدبانتایجی است که اندازه گیری های آنترفرومتری بدست می دهد (۷-۵) در طراحی یکی از سلولهای رنگ گسیل خود بخود تقویت شده کمتر ۳٪ بدست آمده است. در اینجا یادآور می شویم که تنظیم طول موج در این لیزر تنها بصورت مکانیکی است، لذا در حال حاضر تنظیم پیوسته طول موج به سختی انجام می گیرد. این مشکل را می توان به کمک نگاه دارنده چرخان توری اپتیکی و با تنظیم الکترونیکی مرتفع ساخت.

در این آزمایش طراحی و ساخت دو طرح کاملاً متفاوت لیزر در سه ای مورد بحث قرار گرفت. از کلیه روش های ممکن در بارک کردن پهنای خط لیزری تنها از دوروش بهره گرفته شده است. روش نخست استفاده از تلسکوپ وارون و روش دوم استفاده از منشور است. بدون استفاده از اتالون پهنای خط در دو مورد بزرگ به محدود شده پراشی ($\sim 0.1 \text{ \AA}$) است. برای اندازه گیری دقیق این پهنای باید از اتالون و سایر فرمولهای پرو استفاده کرد ولی چون در حال حاضر به این ابزار دسترسی حاصل نشد، این اندازه گیری به آینده

References

- 1) P.P. Sorokin and J.R. Lankard, IBM J. Res. Dev. 10, 162, 1966
- 2) F.P. Schafer, ed, Topics in Applied Physics Vol 1, Dye Lasers, Springer, Berlin, 1973.
- 3) L.G. Nair, Dye Lasers, Prog. Quant. Electr. 7, 153, 1982.
- 4) A. Hariri, M. Tarkashvand, F. Ardavani, and A.A. Yaraghchi, Sci. Bul of the AEOI 3, 62, 1983.
- 5) U. Ganiel and G. Neumann, opt. Commu. 12, 5, 1974.
- 6) T.W. Hansch, Appl. Opt. 11, 895, 1972.

- 7) DC Hanna, P.A. Karknainen, R. Wyatt, *Optical and Quantum Electronics* 7, 115, 1975.
- 8) U. Ganiel, H. Hardy, G. Neumann, and D. Treves, *IEEE J. Quant. Electron.* QE-11, 881, 1975.
- 9) A.F. Bernhardt and P. Rasmussen *Appl. Phys. B* 26, 141, 1981
- 10) M.G. Littman, *Opt. Lett.* 3, 138, 1978.
- 11) I. Shoshan, N.N. Danon, and U.P. Oppenheim, *J. Appl. Phys.* 48, 4495, 1977.

NITROGEN LASER-PUMPED DYE LASERS

A. Hariri, M. Tarkashvand , A. Karami and F. Ardavani

*Nuclear Research Center, Atomic Energy Organization of Iran
P.O. Box 11365 - 8486, Tehran - Iran*

Abstract- Design considerations and performance of nitrogen laser-pumped dye lasers are presented. Two methods for obtaining narrow linewidth operation are discussed. These methods employed telescope and prism beam expander with a diffraction grating used in Littrow mount configuration. These lasers have given a nearly diffraction limited linewidth of $\sim 0.1 \text{ \AA}$ and pulse width of $\sim 3 \text{ ns}$. In one of our cell design the amplified spontaneous emission background was found to be $< 3\%$.