استفاده از انرژی نورانی لیزرهای پرقدرت

حسین گل‌نبی (استادیار)
مرکز تحقیقات آب و انرژی
دانشگاه صنعتی شریف

چکیده

طراحی و ساخت لیزر، به دانش فنی و تکنولوژی پیشرفته‌ای نیازمند است که نبود آنها موجب شده است تا اغلب این سیستمها از خارج خریداری شوند. با در نظر گرفتن سیاستهای موجود کشور مبنی بر استقلال علمی و صنعتی، در این زمینه سعی شده است که کار طراحی و ساخت برخی از لیزرها در داخل کشور انجام شود. لیزرهای ازت گوناگونی ساخته شده‌اند که نتایج خوبی از آنها به دست آمده است و در بعضی موارد، منجر به عرضهٔ طرحهای جدید و ابداعی نیز شده است. در اینجا، گزارش مربوط به ساختمان لیزرهای ساخته شده و نتایج حاصل از اندازه گیریهای مربوط به آنها مطرح شده است.

کارنامهٔ پژوهشی شریف - ۱۳۷۰

مقدمه

از لیزر ازت به عنوان یک منبع نوری فرابنفش قوی و یا پالسهای کوتاه در مطالعهٔ پلاسما، اندازه گیری پارامترهای مواد، مطالعهٔ خواص مواد و بویژه برای پمپاژ دای لیزر که در طیف‌نمایی کاربردهای فراوانی دارد، به صورت گسترده استفاده می‌شود. برای مطالعهٔ کریستالها، بررسی رشته‌های نوری، عکاسی سریع، انترفرومتری، کالیبره کردن آشکار سازها و وسایل نوری و همچنین، تقویت لیزرهای دیگر نیز از لیزرازت استفاده شده است.

بنابراین، با توجه به اهمیت این گونه لیزرها، در این پروژه، طراحی و ساخت آنها مورد بررسی قرار گرفته و مشخصات مربوط به سیستمهای ساخته شده ارائه می‌شوند.

اساس ساختمان لیزر

از زمان اختراع لیزر، تلاش زیادی برای ساخت سیستمهای پرتوان‌تر صورت گرفته است و برای اولین بار، با استفاده از خطوط انتقال بولملین، پالسهایی باتوان حدود چند صدکیلو وات تولید شده‌اند. باگذشت زمان، مطالعات نظری و عملی وسیعی در مورد جنبه‌های گوناگون عملکرد این لیزر انجام شده است که باعث افزایش طول عمر، انرژی پالس و همچنین کارایی آنها شده است. در این پروژه، سعی شده است که سیستمهایی طراحی و ساخته شوند که از نظر بازدهی در سطح بالایی باشند و با توجه به امکانات داخل کشور، قابل ساخت و توسعه در مراحل بعدی باشند.

سیستمهای لیزری ساخته شده، از قسمتهای مهم زیر تشکیل شده‌اند:

۱ـ بدنهٔ لیزر

۲ـ منبع تغذیه

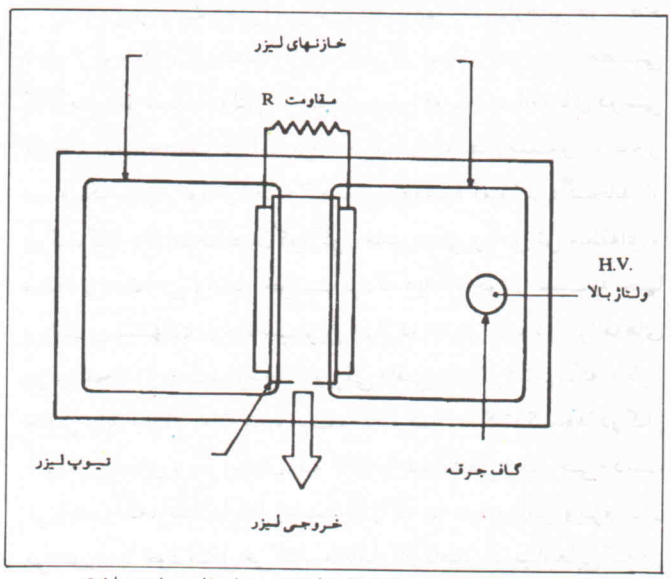
۳ـ سیستم فلوی گاز

۴ـ سیستم جریان خنک کننده

در این پروژه، نمونه‌های مختلفی از لیزر ازت با شکلهای مختلف ساخته شده‌اند که نوعاً برای اولین بار در ایران طراحی و معرفی می‌شوند. در طرحهای مختلف، بررسیهای مربوط به تیوبهای مختلف و با شکل الکترودهای متفاوت و «اسپارک گپ‌های» متفاوت انجام گرفته است و در حال حاضر، دو سیستم به صورت کامل آماده شده‌اند و اندازه گیریهای توان بر روی آنها صورت گرفته است.

الف) سیستم بولملین با طول بلند

نمای ساده‌ای از بدنهٔ این نوع لیزر در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱ـ نمای ساده‌ای از خط انتقال بولملین مورد استفاده برای ساخت بدنه لیزر ازت

در این شکل، قسمتهای مختلف آن که شامل تیوب لیزر، خازنهای شارژ و اسپارک گپ است نشان داده شده‌اند. تیوب لیزر، از جنس شیشهٔ پلکسی به طول ۷۰ سانتیمتر و سطح مقطع ۶۲×۴۵ میلیمتر مربع است که دارای الکترودهای آلومینیومی در شکل خاص است. فاصلهٔ الکترودها در حدود ۲۳ میلیمتر است و محفظهٔ شارژ در فشار ۱۰۰ ـ ۳۰ تور کار می‌کند و با توجه به سیستم خنک کننده، می‌تواند تا فرکانسهای بالاتر از ۱۰۰ هرتز، تخلیهٔ الکتریکی را انجام دهد. خازنهای لیزر، از مدار چاپی دور و مس ساخته شده‌اند که ابعاد هر یک از آنها، ۱/۵×۴۵۰×۸۰۰ میلیمتر و ظرفیت تقریبی هر یک از آنها، برابر ۱۰ نانوفاراد است. عملکرد دقیق لیزرهای پالسی، به نحوهٔ قطع و وصل مدار و چگونگی عملکرد کلید اتصال مدار شارژ بستگی دارد. با توجه به نقش این کلید، در اینجا طرح ابتکاری جدیدی معرفی شده است که در مجموعهٔ لیزرازت به کار گرفته شده است. منبع تغذیهٔ ساخته شده برای این سیستم، می‌تواند ولتاژ تا حدود ۲۰ کیلو ولت با توان یک وات را تولید کند و برای تغییر فرکانس پالسهای خروجی لیزر، یک سیستم تریگر الکترونیکی ساخته شده است که می‌تواند فرکانسهای تا ۱۰۰ هرتز را تولید کند ضمن آنکه، پهنای پالسها نیز قابل کنترل است. سیستم فلوی گاز، از کپسول ازت صنعتی پمپ خلأ فشار سنجها، شیرهای کنترل و اتصالات مربوط به آنها تشکیل شده است. برای جریان گاز در اسپارک گپ نیز از همین نوع گاز استفاده می‌شود که فشار عملیاتی گاز داخل اسپارک گپ بین ۲ـ۱ اتمسفر است.

ب) سیستم بولملین با طول کوتاه

ساختمان کلی این لیزر شبیه به حالت قبلی است با این تفاوت که در تیوب لیزر و خازنهای آن تغییراتی داده شده و سعی شده است که از آن برای انجام بعضی مطالعات پارامتریک استفاده شود. از یک مدار بولملین کوچکتر استفاده شده است که خازنهای آن دارای ابعاد ۱/۵×۳۷۰×۴۱۰ میلیمتر است که طول محفظهٔ شارژ را به ۴۰ سانتیمتر محدود می‌کند و ظرفیت تقریبی هر یک از خازنهای مدار، ۴/۵ نانوفاراد است. فاصلهٔ الکترودهای این تیوب، ۱۲ میلیمتر است و برای آن یک سیستم پیش یونش نیز مورد آزمایش قرار گرفته است. منبع تغذیهٔ ساخته شده برای این سیستم، با استفاده از برق شهر می‌تواند ولتاژ حدود ۲۰ کیلو ولت با توان ۰/۵ وات را ایجاد کند. برای تغییر فرکانس، از یک مدار تریگر استفاده شده است که اساس آن تا حد زیادی شبیه به مدار تریگر قبلی است ولی تغییراتی برای به دست آوردن شرایط بهینه در آن ایجاد شده است. با توجه به اینکه مقدار زیادی از انرژی به صورت انرژی حرارتی تلف می‌شود از این‌رو برای پایداری بهتر سیستم ـ بویژه در فرکانسهای بالاتر ـ لازم است که از سیستم خنک کننده استفاده شود. سیستم خنک کننده برای لیزرها، شامل، مخزن مایع خنک کننده و رادیاتور تبادل حرارتی است که در درون آن، آب شهر جریان دارد و توسط یک پمپ مناسب، مایع خنک کننده در داخل دستگاههای مورد نظر جریان دارد.

توان خروجی لیزر و عوامل مؤثر در آن

انرژی خروجی لیزر، به خصوصیات مدار الکتریکی، شکل الکترودهای تیوب و نوع اسپارک گپ، خصوصیات دینامیکی گاز داخل محفظهٔ دشارژ و کیفیت اپتیک کاواک لیزر بستگی دارد. با افزایش ولتاژ کار بردی، شدت جریان شارژ بالا می‌رود و در نتیجهٔ آن، توان خروجی افزایش می‌یابد. افزایش ظرفیت خازن شارژ باعث افزایش انرژی خروجی می‌شود و همراه با آن، ثابت زمانی نیز افزایش می‌یابد که این امر موجب افزایش زمان برخاست پالس دشارژ می‌شود که بر روی پالس نوری تأثیر می‌گذارد. خصوصیات اسپارک گپ و بویژه اندوکتانس آن، در توان خروجی لیزر مؤثر است و با افزایش آن، توان خروجی لیزر، کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، توان خروجی لیزر تابعی از اندوکتانس تیوب لیزر است که با کاهش آن، توان توسط لیزر افزایش می‌یابد. کیفیت گاز داخل تیوب و کیفیت اپتیک استفاده شده در کاواک لیزر، از عوامل دیگری هستند که در بازدهی و توان لیزر نقش اساسی دارند.

نتایج آزمایشها

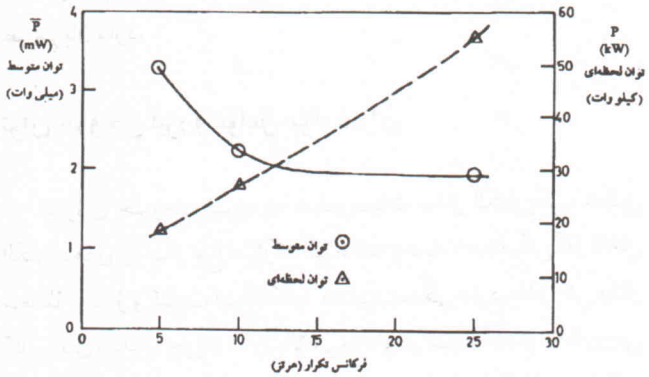
نظر به آنکه دستگاه لازم برای اندازه گیری توان لیزر موجود نبود از این‌رو، یک روش جدید فتوشیمیایی برای این منظور معرفی و به کار برده شد. با استفاده از این تکنیک، انرژی متوسط مربوط به هر دو لیزر، اندازه گیری شده‌اند و سپس با کمک این اطلاعات، توان متوسط و توان لحظه‌ای محاسبه شده‌اند که نتایج آن در جدول ۱ آمده است. این توانها

جدول ۱ـ استفاده از انرژی نورانی نیروهای پرقدرت

	فرکانس (هرتز)	انرژی متوسط (میلی ژول)	توان متوسط (میلی وات)	توان لحظه‌ای (کیلووات)
لیزر ازت بلندتر	۱۰	۰/۲۵	۲/۵۳	۵۰/۶
لیزر ازت کوتاهتر	۱۰	۰/۲۳	۲/۳۰	۴۷/۲

در فشار عملیاتی ۴۰ تور، ولتاژ کاربردی ۱۰ کیلو ولت و در آهنگ تکرار ۱۰ هرتز و با در نظر گرفتن پهنای پالس ۵ نانو ثانیه به دست آمده‌اند. در

آزمایش دیگری، با استفاده از همین روش، تغییرات توان متوسط و توان لحظه‌ای بر حسب آهنگ تکرار برای لیزر بلندتر به دست آمده‌اند. نتایج این مطالعات در منحنیهای شکل ۲ نشان داده شده‌اند. در این شکل، خط



شکل ۲- تغییرات توان خروجی لیزر ازت بلندتر برحسب آهنگ تکرار آن

توپر، توان لحظه‌ای و خط چین، توان متوسط لیزر را بر حسب میلی وات نشان می‌دهد که بر حسب آهنگ تکرارهای مختلف رسم شده‌اند. چند نکتهٔ مهم درباره نتایج قابل ذکراست. اول اینکه، با افزایش آهنگ تکرار، توان متوسط تقریباً به صورت خطی در این ناحیه فرکانس افزایش می‌یابد. ثانیاً، توان لحظه‌ای در میان فرکانسهای اندازه گیری شده در ۵ هرتز بیشترین مقدار خود را دارد و با افزایش فرکانس، توان لحظه‌ای کاهش پیدا می‌کند. به دلیل ناخالصی گاز ازت مصرفی، این توانها مربوط به حالت بهینه لیزر نمی‌باشند ولی با این وجود این نتایج بالاتر از حد انتظار اولیه بوده است زیرا در بعضی موارد، عمل لیزری حتی در این درجهٔ ناخالصی گاز امکان‌پذیر نیست.

مراجع

1- H.G. Heard, Nature 200, 667, 1963.

2- D.A. Leonard, Appl. Phys. Lett. 7,6, 1965.

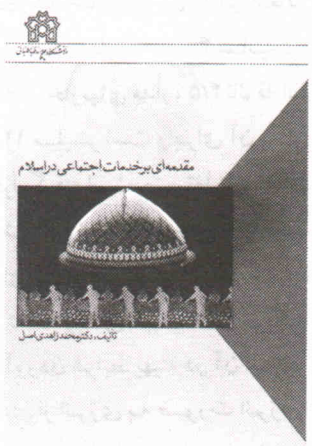
3- R.S. Kunabenchi, M. R. Gorbal and M.I. Savadatti "Nitrogen lasers" progress in Quantum Electronics, g, Pergamon press, 1984.

معرفی کتاب

در شماره‌های قبلی نشریه اقدام به معرفی آثار نویسندگان و محققان داخلی و خارجی نمودیم تا گام مثبتی برداشته باشیم در جهت اعتلای فرهنگ علمی کشورمان.

برای ادامه این منظور، تمامی نویسندگان، مترجمان و ناشران کشورمان می‌توانند با ارسال یک نسخه از آثار چاپ شده خود به نشانی شریف، ما را در این راه یاری کرده و آثار خود را در معرض دید علاقه‌مندان قرار دهند.

عنوان : مقدمه‌ای بر خدمات اجتماعی در اسلام
نویسنده : دکتر محمد زاهدی اصل
چاپ ۱۳۷۱
انتشارات : دانشگاه علامه طباطبائی



حدوث انقلاب صنعتی و متعاقب آن، افزایش مهاجرتها و گسترش جوامع بشری و پیچیدگی روابط و مناسبات اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی، به «خدمات اجتماعی» مفهوم تازه‌ای داده و با توجه به وسعت مسائل اجتماعی و نیازهای متنوع و گستردهٔ بشر، بتدریج تدبیر و ارائه آن در زمره یکی از وظایف عمدهٔ دولتها قرار گرفت. منابع و متون ارزشمند اسلامی نشان می‌دهد که دین مبین