۲۶۳۸۶

مرکز اطلاعات مدارک علمی ایران
تقسیم مدارک

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده فیزیک

۱۳۷۸/۷/۱۲

مروری بر آخرین طراحی لیزرهای اکسایمر

فاطمه سلامی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته فیزیک

استاد راهنما:
دکتر حبیب مجیدی

استاد مشاور:
محمد صادق زعفرانی
(مرکز تحقیقات لیزر- سازمان انرژی اتمی)

۱۰۳۶۲

تیرماه ۱۳۷۷

۲۹۳۸۶

تقدیم به خاطرهٔ پاک استاد بزرگوارم

جناب آقای مهندس بابایی

که نگاهش آبی بود و دستانش سبز

و زندگی‌اش سراسر آیه پاکی بود و صداقت

چکیده

هدف این پایان‌نامه طراحی عملی یک لیزر اکسایمر بادمش تخلیه الکتریکی سریع مجهز به سیستم گردش گاز بوده است با استفاده از این سیستم لیزری، عملکرد کلیهٔ لیزرهای اکسایمر هالوژن ـ گاز نادر (RGH) امکان‌پذیر خواهد بود. این سیستم لیزری در فشار چندین اتمسفر کار می‌کند. تخلیه الکتریکی در این سیستم به روش عرضی و بسیار سریع انجام می‌شود. سیستم پیش یونش مورد استفاده، پیش یونش متد اول UV است. ولتاژ شارژ لیزر حدود 15- 20kV خواهد بود که از طریق یک منبع تغذیه ولتاژ بالا DC تأمین می‌گردد. کلید زنی سریع این لیزر توسط یک سوئیچ تایراترون انجام می‌شود. زمان خیزش جریان در ناحیهٔ تخلیه در حدود چند نانو ثانیه و پهنای تپ لیزر (FWHM) حدود بیست نانو ثانیه پیش‌بینی می‌شود. ظرفیت کل خازنهای بانک سیستم 40nF و انرژی تزریق شده به محیط فعال لیزر در هر تپ جریان حدود 15-25J خواهدبود. بازدهی کل لیزر در حدود %(0.5-1) و توان متوسط آن در آهنگ تکرار تپ 50Hz و انرژی تپ 100-200MJ، در حدود 5-10W برآورد می‌شود. قلهٔ توان تپ لیزر در حدود 5-10 مگاوات خواهد بود.

مخلوط گاز لیزر به عنوان نمونه برای XeCl با طول موج 308 nm، شامل یک تور 15,HCl تور Xe در فشار چند اتمسفر گاز Ne است. برای لیزر XeF با طول موج 352nm از مخلوط گاز $Xe:F_2:He(5:0.2:1000)$ و برای لیزر KrF با طول موج 248nm از مخلوط گاز $Kr:F_2:Ne:He(15:0.6:60:170)$ استفاده می‌شود.

برای رسیدن به این منظور بررسی وسیعی روی طرحهای مختلف لیزرهای اکسایمر انجام گرفت که خلاصه این مطالعات در این پایان نامه گردآوری شده است .

برخی از کاربردهای این لیزر عبارتند از: دمش لیزرهای مایع رنگی، اسپکتروسکوپی، فرایندهای فوتو شیمیایی، تحقیقات راه دورجوی، میکرو ماشینکاری، پردازش قطعات نیمه رسانا، تولید لایه‌های نازک، تعمیر مدارهای الکترونیکی میکرنی، لیتوگرافی، علامت‌گذاری ظریف لیزری بر روی سرامیکها، شیشه، پلاستیک و فلز، و بالاخره کار بردهای پزشکی لیزر از جمله در چشم پزشکی، آنژیوپلاستی و جراحی‌های میکرنی.

تقدیر و تشکر

«من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق»

در آغاز، لازم می‌دانم مراتب امتنان و سپاسگذاری خودم را از راهنمایی، تشویق و همفکریهای استاد گرامی جناب آقای زعفرانی که در اجرای پروژه بسیار مرا یاری نموده‌اند، ابراز نمایم، همچنین از استاد ارجمند جناب آقای دکتر مجیدی استاد راهنما قدردانی نموده و از اعضاء هیأت داوری، آقایان دکتر فرهبد و دکتر ملاباشی و دکتر مهدیه بخاطر حضور در جلسه دفاعیه تشکر می‌نمایم، همینطور از آقای دکتر قولتوقچیان مدیر تحصیلات تکمیلی دانشکده کمال سپاسگذاری را دارم. در خاتمه از زحمات بیدریغ پدر و مادر گرامیم که پیشرفتهایم را مدیون بزرگواری ایشان می‌باشم تقدیر می‌کنم.

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

فصل اول ـ مختصری دربارهٔ لیزر ۱

۱-۱- برهمکنش تابش با ماده ۲

۱-۲- نوسان لیزری ۳

۱-۳- لیزرهای گازی ۴

۱-۴- لیزرهای اکسایمر ۵

۱-۵- مروری بر پیدایش و تکامل سیستم‌های اکسایمر ۷

مراجع فصل اول ۱۲

فصل دوم- سازوکاردمش لیزرهای اکسایمر ۱۴

۲-۱ - سینتیک اکسایمرهای گاز نادر (**RG**) تحت دمش باریکهٔ الکترونی ۱۵

۲-۲ - سینتیک اکسایمرهای هالوژن -گاز نادر(**RGH**) تحت دمش باریکهٔ الکترونی ۱۸

۲-۳ -گذارهای **B-X** در اکسایمرهای هالوژن -گاز نادر (**RGH**) ۱۹

۲-۴ - تشکیل اکسایمر **XeF** ۲۰

۲-۵ - سینتیک اکسایمر **XeCl** تحت دمش تخلیه الکتریکی ۲۳

مراجع فصل دوم ۲۵

عنوان | صفحه

فصل سوم طرحهای دمش لیزرهای اکسایمر RGH ۲۶

۳-۱ - دمش به وسیلهٔ باریکهٔ الکترونی ۲۷

۳-۲ - دمش با بسامد رادیویی (RF) ۳۷

۳-۳ - دمش تخلیه الکتریکی خودنگهدار ۳۸

۳-۴ - مدل سازی دمش تخلیه الکتریک در لیزرهای اکسایمر ۴۱

مراجع فصل سوم ۵۴

فصل چهارم- طراحی مدارهای الکتریکی لیزرهای اکسایمر بادمش تخلیه الکتریکی سریع ۵۵

۴-۱- مدار الکتریکی «بلوملاین» ۵۶

۴-۲- مدار الکتریکی «پیش تپ - تپ اصلی» ۶۰

۴-۳- مدار الکتریکی «پیش تپ - تپ اصلی» با شارژ تشدیدی (MIRVOC) ۶۲

۴-۴- مدار الکتریکی با پیش یونش اتوماتیک (API) ۶۴

۴-۵- مدار الکتریکی LC معکوس دوگانه ۶۷

مراجع فصل چهارم ۷۴

فصل پنجم - پیش یونش در لیزرهای اکسایمر با دمش تخلیه الکتریکی سریع ۷۶

مراجع فصل پنجم ۸۲

فصل ششم - عناصر کلیدزنی سریع و مدارهای الکترونیکی فرمان ۸۳

۶-۱- عناصر کلید زنی سریع ۸۴

مراجع فصل ششم ۸۹

عنوان | صفحه

فصل هفتم ـ طراحی سیستم گردش گاز در لیزرهای اکسایمر با آهنگ تکرار تپ بالا ۹۰

۷ـ۱ـ محفظه لیزر ۹۱

۷ـ۲ـ وابستگی آهنگ تکرار تپ به سرعت جریان گاز ۹۳

مراجع فصل هفتم ۹۶

فصل هشتم ـ طراحی یک لیزر اکسایمر بادمش تخلیه‌الکتریکی سریع و سیستم گردش گاز ۹۷

۸-۱- محفظهٔ لیزر، الکترودهای تخلیه و سیستم گردش گاز ۹۹

۸-۲- مدارالکتریکی لیزر ۱۰۲

۸-۳-نتیجه گیری ۱۰۵

مراجع فصل هشتم ۱۰۶

واژه‌نامه ۱۰۷

فهرست جداول و شکلها

عنوان **صفحه**

شکل (۱-۱): نمودار طرح وار منحنی انرژی پتانسیل مولکولهای اکسایمر ۵

جدول(۱-۱): لیزرهای اکسایمر معروف ۱۰

جدول(۱-۲): انواع دیگر لیزراکسایمر ۱۱

جدول(۲-۱): سینتیک تشکیل اکسایمر Xe_2^* ۱۷

جدول(۲-۲): واکنشهای تشکیل اکسایمر **XeF*** ۲۲

جدول(۲-۳): واکنشهای فروافت اکسایمر **XeF*** ۲۳

شکل (۳-۱): نمای طرح‌وار یک لیزر بادمش باریکه الکترونی ۲۸

شکل (۳-۲): نمای طرح‌وار متداول ترین مولدهای باریکه الکترونی ۳۰

شکل (۳-۳): تغییرات عمق نفوذ باریکه الکترونی برحسب ولتاژ باریکه ۳۱

شکل (۳-۴): منحنی تغییرات نیروی کششی برحسب تغییرات دما ۳۵

شکل (۳-۵): منحنی تغییرات نیروی کششی به هنجار شده‌به چگالی ... ۳۶

شکل (۳-۶): آرایش ساده سیستم تخلیه الکتریکی با پیش یونش **UV** ۳۹

شکل (۳-۷): نمای طرح وار یک سیستم لیزری بادمش تخلیه الکتریکی ... ۳۹

شکل (۳-۸): نمای طرح وار یک لیزراکسایمر بادمش تخلیه الکتریکی ... ۴۰

شکل (۳-۹): مدل هندسی تخلیه الکتریکی ۴۳

شکل(۳-۱۰): مدل مدار الکتریکی تخلیه ۴۴

عنوان	صفحه

شکل(۳-۱۱): نمونه‌ای ازیک دستگاه مختصات تولید شده‌به روش عددی	۴۷
شکل(۳-۱۲): نمونه‌ای‌از یک مدل مدار الکتریکی برای لیزرهای اکسایمر ...	۴۸
جـدول I: واکنشهای مدل سینتیک برای لیزر **XeCl**	۴۹
شکل(۳-۱۳): توزیع میدان مربوط به الکترودهای چانگ	۵۳
شکل(۳-۱۴): توزیع میدان مربوط به الکترودهای استپرتس	۵۳
شکل (۴-۱): نمودار طرح وار مدارالکتریکی معادل بلوملاین	۵۶
شکل (۴-۲): نمودار ساده وطرح وار سیستم لیزری بلوملاین	۵۷
شکل (۴-۳): مقطعی از محفظه لیزر...	۵۸
شکل (۴-۴): نمای طرح وار الکتریکی سیستم‌پیش یونش	۵۹
شکل (۴-۵): مدارالکتریکی پیش تپ ـ تپ‌اصلی	۶۰
شکل (۴-۶): مشخصه **B-H** سوئیچ مغناطیسی...	۶۱
شکل (۴-۷): نمودارهای مدارهای **MIRVOC**	۶۲
شکل (۴-۸): نمای طرح‌وار سطح مقطع عرضی تخلیه لیزر اکسایمر...	۶۵
شکل (۴-۹): مدارالکتریکی معادل برای تخلیه الکتریکی باپیش‌یونش اتوماتیک	۶۶
شکل(۴-۱۰): تغییرات زمانی ولتاژ دو سر الکترودها و تپ توان لیزر...	۶۷
شکل(۴-۱۱): منحنی تغییرات ولتاژ شکست و تغییرات‌توان خروجی لیزر **XeCl**...	۶۸
شکل(۴-۱۲): نمودار بازدهی کل	۶۹
شکل(۴-۱۳): نمودار طرح وار مدار الکتریکی **LC** معکوس دوگانه	۷۰
شکل(۴-۱۴): مقطع عرضی لیزر اکسایمر **XeCl**	۷۳
شکل(۴-۱۵): طرح مدار تخلیه لیزر	۷۳
شکل (۵-۱): تغییرات انرژی خروجی یک لیزر **XeCl**	۷۹

عنوان	صفحه

شکل (۶-۱): نمای طرح وارمدارالکتریکی بکارگرفته شده‌جهت راه‌اندازی تایراترون ۸۵

شکل (۶-۲): یک سیستم تنظیم کننده ولتاژ با ولتاژ متغییر ۸۶

شکل (۶-۳): مدارتریگر دو تپی بکارگرفته شده جهت تایراترونها ۸۷

شکل (۶-۴): مدار هماهنگ کننده جهت راه اندازی تایراترونها ۸۸

شکل (۷-۱): نمای طرح وار محفظه‌ای‌از جنس تفلون ... ۹۱

شکل (۷-۲): نمای طرح وار سطح مقطع سر محفظه لیزر ۹۲

شکل (۷-۳): نمودار تغییرات حد بحرانی آهنگ تکرار تپ لیزر... ۹۴

شکل (۸-۱): مقطع عرضی کانال گردش گاز لیزر و الکترودهای تخلیه ۱۰۰

شکل (۸-۲): نحوه قرارگرفتن فن گردش گاز در محفظه لیزر ۱۰۱

شکل (۸-۳): مدار طرح وار دمش الکتریکی لیزرباآهنگ تکرارتپ چند کیلوهرتز ۱۰۲

شکل (۸-۴): مقطع عرضی لیزر و نحوه قرارگرفتن خازنهاو... ۱۰۳

شکل (۸-۵): مدارطرح وار دمش الکتریکی سریع لیزراکسایمر(نوع استاندارد) ۱۰۴

شکل (۸-۶): مدارطرح وار دمش الکتریکی سریع مخصوص عملکردباآهنگ‌تکرارتپ‌بالا ۱۰۵

مقدمه

با توجه به اینکه طرح ساخت یک لیزر اکسایمر در راستای تجهیز آزمایشگاه لیزرهای پرتوان UV در دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت ایران مورد تصویب قرار گرفته بود، با راهنمایی جناب آقای دکتر مجیدی ریاست محترم دانشکده فیزیک بخش نخست این پروژه، تحت عنوان «مروری بر آخرین طراحی لیزرهای اکسایمر» زیر نظر آقای محمد صادق زعفرانی (مجری پروژه) به نگارندهٔ این پایان‌نامه محوّل شد.

در کشور ما، در سال ۱۳۷۴ اولین لیزر اکسایمر در مرکز تحقیقات لیزر سازمان انرژی اتمی ساخته شد و گزارش عملکرد آن در داخل و خارج از کشور منتشر گردید [۳-۱]. در این لیزر، از سیستم گردش گاز استفاده نشده بود و گازهای مورد استفاده در آن، در حین عملکرد لیزر پس از عبور از ناحیهٔ تخلیه الکتریکی به فضای خارج از آزمایشگاه فرستاده می‌شد و مجدداً قابل استفاده نبود. از آنجایی که به علت پرهزینه بودن گازهای مصرفی، چنین سیستمی برای اهداف کاربردی مناسب نیست، باید از یک لیزر اکسایمر با سیستم گردش گاز استفاده شود. لیزری با این ویژگی تاکنون در کشور ساخته نشده است. بعلت اینکه هدف این پایان‌نامه، طراحی و اجرای عملی چنین سیستمی بوده است، متأسفانه به علت مشکلات عملی تاکنون اجرای طرح میسر نشده است سیستمهای لیزری اکسایمر، در زمرهٔ لیزرهای گازی محسوب می‌شوند. این لیزرها قادر به عملکرد پالسی پرتوان در ناحیه ماوراء بنفش طیف هستند. مهمترین انواع لیزرهای اکسایمر عبارتند از: **ArF(193nm) KrF(248nm).XeF(352nm)** و **XeCl (308nm)**. قلهٔ توان تپ این لیزرها در حدود چندین مگاوات با پهنای زمانی حدود **(10-100 ns)** است. با استفاده از یک سیستم گردش گاز مناسب، امکان عملکرد این لیزرها در آهنگ تکرار تپ بالا و در نتیجه توان متوسط بالا (حدود چند ده وات) وجود دارد. مخلوط گاز این لیزرها نوعاً شامل درصد کوچکی از

یک گاز هالوژن در فشار چندین اتمسفر گاز نادراست. به علت کوچک بودن طول عمر تراز بالای لیزری در این سیستمها، استفاده از باریکهٔ الکترونهای پرانرژی و یا دمش تخلیه الکتریکی سریع برای تولید چگالی بالایی از حالتهای برانگیخته اجتناب ناپذیر می‌باشد. باند فرکانسی اکسایمرها به دلیل غیرمقید بودن تراز پایه آنها نسبتاً عریض است. لیزرهای اکسایمر در زمینه‌های مختلف پردازش سطوح فلزات و لایه‌گذاری آنها، بافرایندهای فوتو شیمیایی، جداسازی ایزوتوپها، اسپکتروسکوپی. تحقیقات راه دور جوی و ... کاربردهای وسیعی دارند.

در این پایان‌نامه، صرفنظر از سیستمهای جانبی مورد نیاز یک لیزر اکسایمر (مانند منبع تغذیه ولتاژ بالا و سیستم تغذیه گاز)، طراحی مناسبی از محفظهٔ لیزر، کانال گردش گاز، سیستم تخلیهٔ الکتریکی و مدارهای الکترونیکی فرمان ارائه می‌گردد.

برای دستیابی به یک طراحی مناسب، لازم است قبلاً با اصول عملکرد این لیزر و سازوکار دمش آن آشنا شویم. بدین منظور در فصل اول شرح مختصری دربارهٔ لیزر به‌طور اعم و لیزرهای اکسایمر به طور اخص همراه با تاریخچه فشرده‌ای از پیدایش و تکامل آنها ارائه شده است. در فصل دوم، سازوکار دمش اکسایمرهای گاز نادر (**RG**) و هالوژن ـ گاز نادر (**RGH**) همراه با واکنشهای مربوط به آنها و سپس سینتیک اکسایمر **XeCl** تحت دمش تخلیه الکتریکی سریع مورد بررسی قرارگرفته است. در فصل سوم، طرحهای مختلف دمش لیزرهای اکسایمر **RGH** معرفی می‌سود. فصلهای چهارم و پنجم به توصیف مدارهای الکتریکی مختلف و سیستمهای پیش‌یونش لیزرهای اکسایمر **RGH** با دمش تخلیه الکتریکی اختصاص دارند و در فصل ششم، عناصر کلیدزنی سریع و مدارهای الکترونیکی فرمان معرفی می‌شوند. سرانجام، پس از توصیف ویژگیهای لیزرهای اکسایمر مجهز به سیستم گردش گاز(فصل هفتم)، و براساس نتایج فصلهای قبلی، طراحی ویژه‌ای از یک لیزر اکسایمر با قابلیت تکرار تپ بالا ارائه می‌گردد.

مراجع مقدمه:

۱- چکیده مقالات کنفرانس فیزیک ایران، شهریور ۱۳۷۴.

2. **P. Parvin, M.S. Zaeferani, K.Mirabbaszadeh, and R. Sadighi, «Measurement of the the small signal and saturation intensity of XeF discharge Laser", Appl. Opt. Vol. 36, No. 6. PP 1139-1142 (1997).**

3. **P. Parvin, M.S. Zaeferani, and R.Sadighi, "Intense blue-green XeF (C → A)Laser radiation for transfering communication signals to submerged submarines", Proceedings of the International Conference on Telecommunications (ICT' 96), Vol. 1, pp. 327-330 (1996).**

فصل اول

مختصری درباره لیزر

۱ـ۱ـ برهمکنش تابش با ماده

۱ـ۲ـ نوسان لیزری (Laser Oscillation)

۱ـ۳ـ لیزرهای گازی

۱ـ۴ـ لیزرهای اکسایمر

۱ـ۵ـ مروری بر پیدایش و تکامل سیستمهای اکسایمر