به نام خدا

لیزرهای شیمیایی پرقدرت

تهیه کنندگان:

وحید اسکندری

سید امید مهدوی

استاد مربوطه:آقای دکتر لطفی

پاییز91

تاریخچه لیزر شیمیایی:

در یک لیزر شیمیایی،انرژی حاصل از یک واکنش شیمیایی باعث بر انگیزش بعضی از فراوردهٔ ها و در نتیجه وارونگی جمعیت می شود که به دنبال آن عمل لیزر اتفاق می افتد.

اولین لیزر شیمیایی پالسی،HClبوده،که در سال۱۹۶۵ توسطPimentalوKasperساخته شد.Pimentalادامه داد تا لیزرهای انتقالیDF-CO2را کشف نمود،اگر چه این کار لیزر موج پیوسته شیمیایی را بطور کامل تولید نمی کند،اما راهی را برای نمایش بقای واکنش های شیمیایی همچون مکانیسم پمپاژ برای لیزر شیمیایی نشان می دهد.

لیزرCWهیدروژن فلورایدHFبرای اولین بارتوسط پژوهشگران شرکتAerospaceکشف شد و در نهایت لیزر شیمیایی و پیشرفته فرو سرخ میانی که در حقیقت یک لیزر فلوئوردوتریم است،از دهه ۱۹۸۰در حیطه نظامی به کار گرفته شده است و اولین لیزر موج پیوسته است.

لیزرهای شیمیایی:

در این لیزرها معمولا واکنش شیمیایی بین عناصر گازی اتفاق می افتد مقدار زیادی از انرژی واکنش به صورت انرژی ارتعاشی بین عناصر مولکولها باقی می ماند بنابراین گذارهای لیزری غالباً از نوع ارتعاشی-چرخشی هستند و در حال حاضر طول موج مربوط به این لیزرها ۱تا۱۲ میکرون می باشد(محدوده مادون قرمز).

مزیت این لیزرها:

- کاربرد جالبی از تبدیل مستقیم انرژی شیمیایی به انرژی الکترو مغناطیسی می باشد.

- چون مقدار انرژی قابل حصول در واکنش شیمیایی بسیار بزرگ است توانهای خروجی بالایی را با بازدهی خوب از آنها انتظار داریم ولی به خاطر مسائل حفاظتی کاربرد این نوع لیزرها محدود است.

- استفاده از سوخت شیمیایی نیاز به تجهیزات لازم برای توان الکتریکی بالا راحذف می کند

- کیفیت پرتو خروجی بهتری نسبت به اکثر لیزرها دارد.

- در صورت عملکرد در محدوده مرئی حداقل پراکندگی پراش را خواهد داشت.

- در واحد حجم واحد وزن ماکزیمم توان خروجی را تولید می کنند

- برای توانهای بالای یکباره ای از این لیزرها استفاده می شود.

- این لیزرها دارای بازه توانی از چند ده کیلو وات تا چند مگاوات می باشند.

لیزرهای شیمیایی HF و DF:

این لیزرها جزء لیزرهای CW می باشند که HF^* در بازه طول موجی 2.6-3.1μm و DF^* در بازه طول موجی 3.6-4.2μm قرار گرفته اند. انتشار پرتوهای لیزر HF^* در جو به دلیل حجم آب در هوای اتمسفر ضعیف می باشد در حالیکه انتشار پرتو لیزر DF^* خیلی بیشتر است. تضعیف جوی پرتو لیزر برای HF^* بیشتر از 90%/km و برای DF^* کمتر از 50%/km می باشد.

واکنشهای شیمیایی در دو قسمت از سیستم لیزری صورت می گیرد:

الف) واکنش های محفظه احتراق:

HF LASER:

$$2NF_3+3D_2 \rightarrow 6DF+N_2+Q$$

$$2NF_3+Q \rightarrow N_2+6F$$

DF LASER:

$$4NF_3+C_2H_4 \rightarrow 2CF_4+4HF+2N_2+Q$$

$$2NF_3+Q \rightarrow N_2+6F$$

ب) واکنش های داخل کاواک لیزری:

HF LASER:

$$H_2+F \rightarrow HF^*+H$$

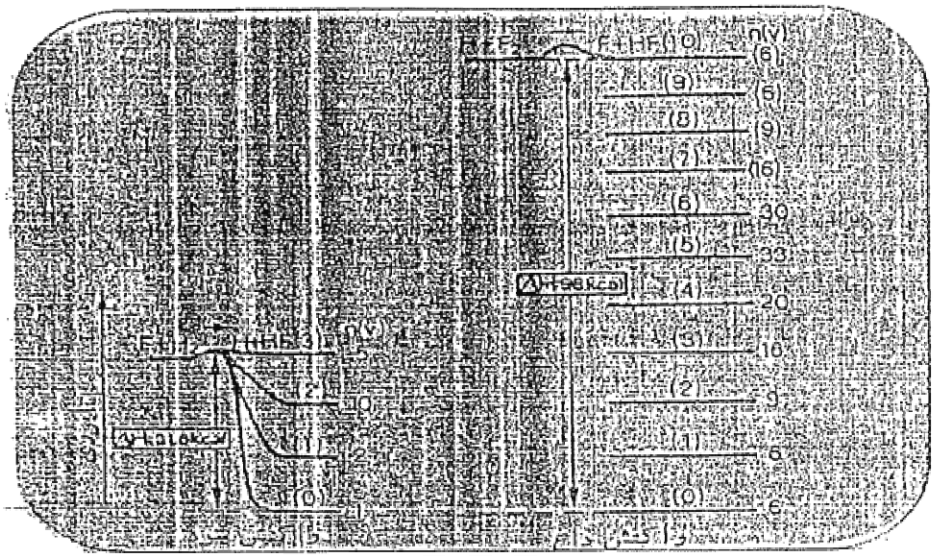
DF LASER:

$$D_2+F \rightarrow DF^*+D$$

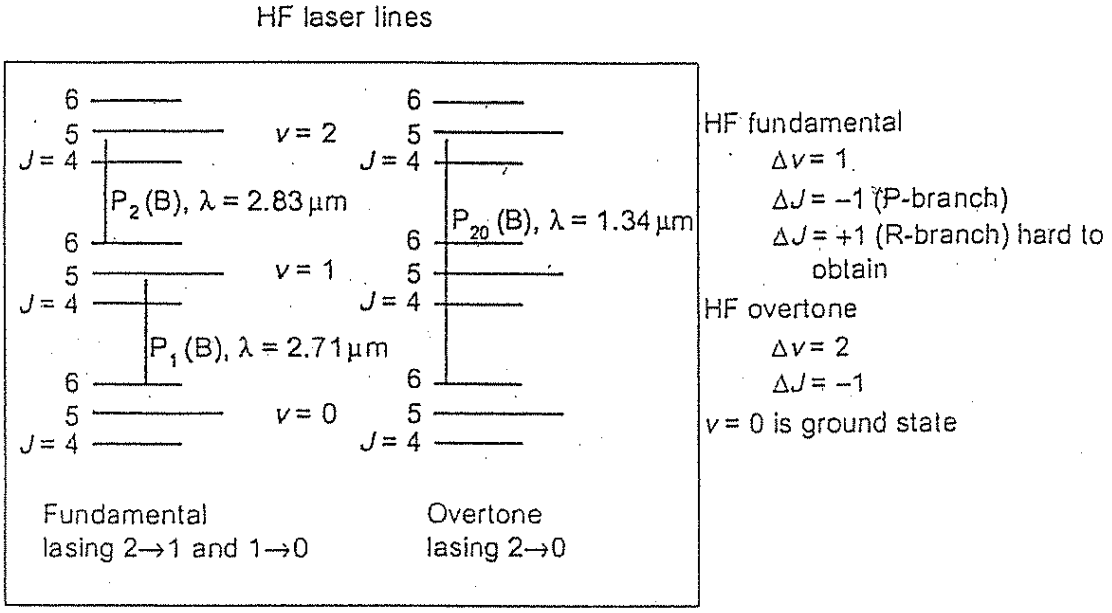
با توجه به ترکیب F_2 با اتمهای H یا D که منجر به تولید HF^* و DF^* می شود، دو نوع واکنش تعریف می شود:

۱) واکنش سرد واکنش گرم

درشکل زیر حالات دورانی با j و حالات ارتعاشی با □ نمایش داده شده است. برای گذار اصلی HF^*، $\Delta\square=-1$ و $\Delta j=+1$ می باشد که به گذارهای شاخه P معروف هستند.



برای گذارهای شاخهR، Δj=-1می باشد که به دست آوردن توان این شاخه خیلی مشکل است.



عمل لیز گیری تنها در صورت وجود واکنشهای سرد و محدود به شاخهPصورت می گیرد.اساس انتقالهای لیزگیری برای گذارPاز(j-1,□+1)به(j,□)می باشد.

واکنشهای شیمیایی برای این دسته از لیزرها در گروه تقسیم بندی می شود:

۱)پمپاژ ۲)خنثی سازی

۱)واکنشهای پمپاژ:

واکنش اتمهایFبا سوخت کاواک(H_2یاD_2):

$$F+D_2 \rightarrow D+DF^*(\square) \qquad \square=1,2,3,4$$

DF^*به چهار تراز ارتعاشی (HF^*در سه تراز) پمپ می شود.

۲)خنثی سازی برخوردها یا انتقالV-T:

$$DF^*(\square+1)+M_{eat} \rightarrow DF^*(\square)+M_{eat}$$

M_{eat} یک عامل تحریک کننده شامل مقادیر وزنیN_2,CF_4,F_2,F,$D_2(2)$, $D_2(1)$ $D_2(0)$,D,HF,DF^*, برای یک لیزرDF می باشد.

کاواک حاوی جریان یکنواخت مافوق صوت که شامل مخلوط(H_2یاD_2)با هلیوم و جریان اولیه محفظه احتراق که حاوی اتم فلوئور میباشد است. کل کاواک در فشار پایین3-35torr حداقل برخوردهای خنثی سازرا خواهد داشت.

سیستم بهبود فشار:

اگرچه جریان کاواک لیزری در فشار پایین می باشد ،اما از یک سیستم بهبود فشار برای افزایش فشار تا شرایط اتمسفر استفاده می کنیم.بنابراین گاز لیزری می تواند جذب شود و چنانچه فشار پایینی داشته باشد میتواندتوسط نوعی ماده مناسب (زئولیت)جذب سطحی انجام دهد.

آینه های کروی:

در سیستم مذکور آینه عقبی از نوع کاو و آینه جلویی از نوع کوژ می باشد.

برای لیزرهای پر قدرت از تشدید کننده های نا پایدار استفاده می شود.

عمل لیزر روی چندین گذار ارتعاشی،از ۰←۱تا۵←۶(λبرابر2.7-3.3μm)و چندین خط چرخشی در هر گذار ارتعاشی صورت می گیرد.به دو دلیل نوسان روی تعداد بی شماری خط صورت می گیرد:

الف)پدیده آبشاری:در واقع عمل اگر عمل لیزر روی گذار۱←۲(که معمولا قوی ترین است)صورت بگیرد،جمعیت تراز ۲خالی شده و در تراز۱جمع می شوند.نتیجه آنکه اکنون عمل لیزر روی گذار۲←۳و۰←۱ اجرا می شود.

ب)پدیده وارونی پاره ای که مطابق آن ممکن است بین برخی خطوط چرخشی،جمعیت معکوس وجود داشته باشد.حتی وقتی جمعیت ترازهای انرژی ارتعاشی وارونی وجود نداشته باشد.

افزایش بازده لیزر شیمیایی با استفاده از باریکه الکترونی راه انداز واکنش:

باریکه الکترون توسط شتاب دهنده تولید و به داخل کاواک لیزر هدایت می شود،تزریق باریکه می تواندبه دو صورت طولی یا عرضی باشد.در تزریق طولی باریکه الکترون باید انرژی بالایی داشته باشد در حدود(E>1Mev)و همچنین به یک سیستم(معمولا میدان مغناطیسی)جهت انتقال باریکه الکترون احتیاج است در کل در این نوع تزریق بعلت اتلاف زیاد بازده پایینی خواهیم داشت.در نوع تزریق عرضی انرژی کمتری نیاز است.عبور باریکه الکترونی از کاواک لیزر بصورت عمودی باعث یونیزه و تجزیه شدن مولکولهای گاز موجود در کاواک می گردد یعنیF_2را تجزیه نموده و اتم هایFتولید می کند و مراکز فعال ایجاد می کند،تمرکز اتمهایF،نرخ واکنش شیمیایی،فرآیند تولید تابش لیزر و انرژی پالسهای لیزری را تعیین می کند. بازده شتاب دهنده در حدود80-60درصد می باشد.طول پالسهای باریکه الکترونی$1\mu s$ و انرژی معادل$2.3kj$را داراست.ماکزیمم انرژی الکترون هم برابر$450Kev$می باشد.

مقایسه پارامترهای لیزر شیمیاییHF,HCl:

عوامل زیر باعث می شوند که لیزرHClابزاری امید بخش باشند:

۱)ناحیه طیفیIRبرای حمله ارتعاشی مولکولی و همچنین برای عبور از اتمسفر مناسب است.

۲)شامل تعداد زیاد خطوط طیفی است.

۳)پیک توان بالایی دارد.

ولی نقطه ضعفHClدر مقایسه باHFبهره پایین آن می باشد (که از عدم حضور واکنش های زنجیره ای در سیستمH_2+Cl_2ناشی می شود)

$F+H_2 \rightarrow HF^*+H$ $\Delta H=-134$ KJ/mol

$H+F_2 \rightarrow HF^*+F$ $\Delta H=-406$ KJ/mol

تفاوت اصلی HCL,HF در انرژی تراز پایین آنهاست:

$H+CL_2 \rightarrow HCL^*+cl$ $\Delta H=-189$ KJ/mol

$CL+H_2 \rightarrow HCl+H$ $\Delta H=+49$ kj/mol (*)

واکنش(*)HClرا در حالت پایه ایجاد می کند.

کسر کوچکی از مولکولهای HClدر لحظه ساخت مقدار زیادی انرژی ارتعاشی می ربایند.علاوه بر این،بخش زیادی از انرژی ارتعاشی و چرخشی در اثر برخوردهای مولکولی تلف می شوند.در واکنش مشابهHFانرژی آزاد شده2.5برابر بیشتر از انرژی گرفته شده درHClمی باشد..در واقع می توان اینطور فرض کرد که تعداد مولکولهایHFبرانگیخته که انرژی کافی برای تجزیهF_2را دارند(از طریق انتقال برخوردی)بیشتر از مولکولهایHClمی باشند.

لیزر شیمیایی مادون قرمزپیشرفته(MIRACL)

از زمان اختراع لیزر در سال ۱۹۶۰ و کاربردهای نظامی انرژی های هدایت شده،طراحان دفاعی را بدلیل ویژگی هایی همچون نا محدود بودن مهمات و توانایی تخریب فراوان و کنترل از راه دور هیجان زده ساخت.همراه با روند تکامل لیزرها،هم اکنون استفاده نظامی از لیزرها،محدود به هدف گیری و اندازه گیری مسافت بمنظور افزایش دقت گلوله های تفنگ وتوپ و نیز بمب ها می باشند.در دهه ۸۰ نیروی دریایی ایالات متحده،قدرت لیزرMIRACL خود را در انهدام موشک ها از فاصله دور به نمایش گذاشت.برای اولین بار از لیزرهای کلاس مگاواتDFدر موشک های تاکتیکی و هواپیماهای بی خلبان استفاده شده که انرژی لازم توسط واکنش های شیمیایی مولکولHFتامین می گردد.

مشخصات لیزرMIRACL:

این لیزر اولین لیزر موج پیوسته با توانی درحدود2.2MWمی باشد که یک لیزر دوتریم فلوراید(HF) با طیف های انرژی توزیع شده در میان درخط لیزری بین طول موجهای4.2-5.8μmمی باشد.عملکرد این لیزر شبیه به موتور موشک که سوختش (اتیلنC_2H_4) با یک کاتالیزور(NF_3)کار میکند،می باشد.ماکزیمم زمان لیزگیری در حدود ۷۰ثانیه می باشد.

اجزای سیستم لیزرMIRACL:

- SLBD - آینه نیم اندود - حسگر ردیاب
- تلسکوپ - مشدد اپتیکی

SLBD سکوی نگهدارنده حسگر می باشدکه۲۸۰۰پوند وزن دارد و تنها ۱۸۰۰۰پوند آن روی قسمت متحرک قرار می گیرد. SLBD شامل یک تلسکوپ مجهز به Gimbal میباشد که دهانه ای به قطر۱/۸ دارد.۱/۵ متر آن همان دریچه یافراگم را تشکیل میدهد و۰/۳ متر باقیمانده برای ردیاب که بصورت حلقه ای در اطراف آینه ورودی تعبیه شده روزنه بزرگ با قطر1.8mاست که نگهدارنده تلسکوپ می باشد.

تلسکوپ بکار رفته قادر به کانونی کردن از حداقل برد400mتا بی نهایت می باشد.مجموعه ای از حسگرهای مرئی و مادون قرمز روی نوک نگهدارنده برای تعیین محل هدف و ردیابی هدف بکار رفته است.این دستگاه از لحاظ تاکتیکی و علمی به خوبی موشکvandalمی باشد.

مشخصات اجزاء لیزر:

- قطر آینه اصلی نیم اندود1.8m
- میدان فوکوس:400m تا بی نهایت
- حسگر ردیاب اصلی:8تا12میکرون
- میدان دید حسگر ردیاب:5*4میکرو رادیان
- میدان دید حسگر ردیاب مرئی:0.3*0.3میکرو رادیان
- مشخصات پرتو در مشدد:21cmبلندی و3cmپهنا

- پهنای پرتو خروجی:14cm(5in)
- شکل پرتوی خروجی:مربعی

کاربرد:

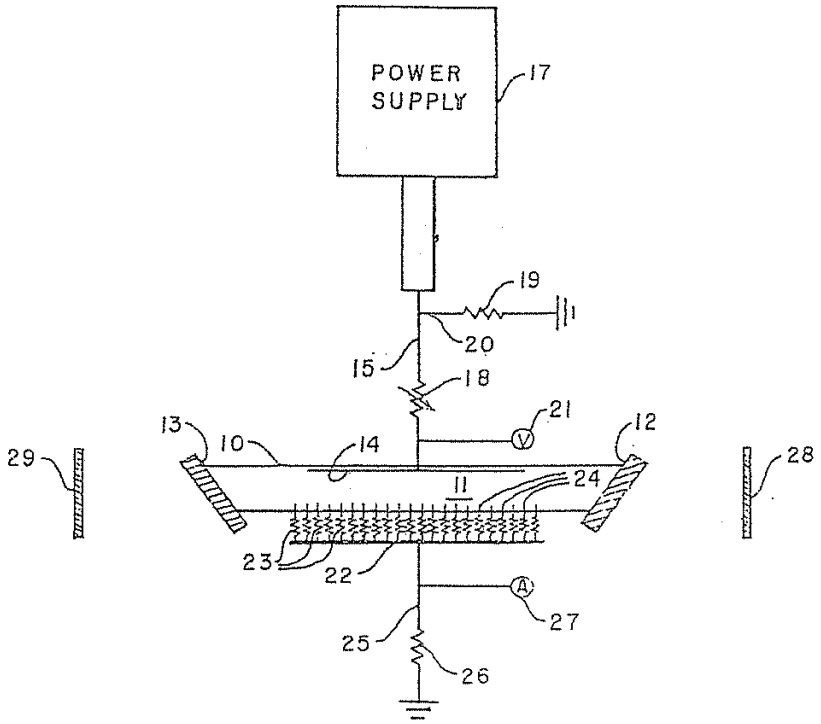
این لیزر در ماهواره نیروی دریایی برای اندازه گیری اثرات جنگ افزارهای لیزری مستقر در زمین و انهدام موشک از راه دور بکار گرفته شده است

یک نمونه دستگاه پر قدرت لیزر شیمیایی:

مخلوط گازی این لیزر شامل ایزوتوپهای هیدروژن(H_2,D_2,CH_4,B_2H_6)وinter halogenکه شامل ($BrF_3,BrF_5,ClF,ClF_3,ClF_5,IF_5,IF_7$) می باشد.فرکانس پالس لیزری به دست آمده در رنج$3\mu m$می باشد.

مزایای این دستگاه :۱)تولید پالسهایی با انرژی بالا۲)استفاده از انرژی اولیه بالا برای شروع واکنشها می باشد.

شکل زیر طرحی از سیستم با تخلیه الکتریکی است



اجزای این دستگاه عبارت است از:

17- منبع تغذیه | 19,26- مقاومت | 20,15,25- سیم رابط

18- مقاومت متغیر | 21-ولتاژسنج | 12,13- پنجره بروستر

۲۲,۱۴- الکترود | ۱۱- مخلوط گاز(مثل IF7+H2) | ۲۷- آمپر سنج

۲۴- سیمهای رسانا

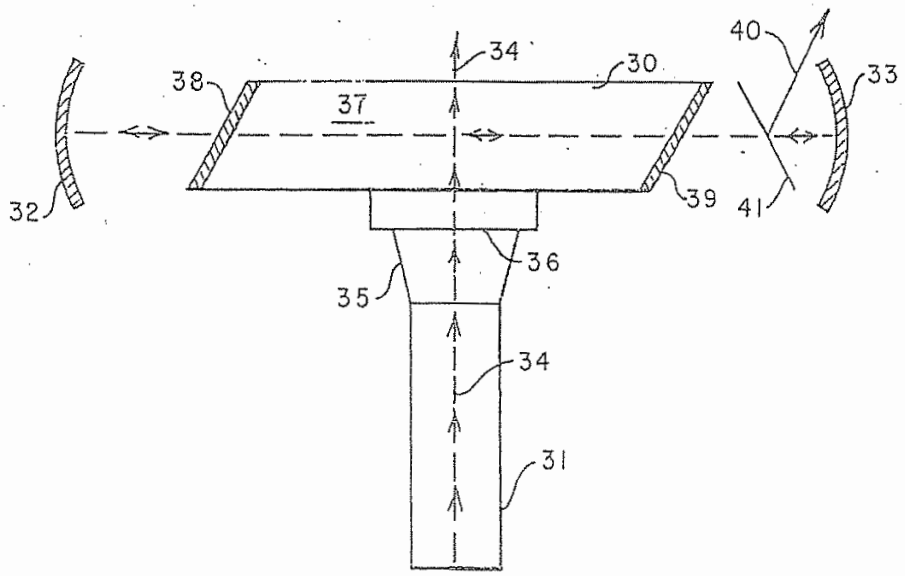
10- تیوب لیزر(شامل محیط فعال که50cmطول و1cmضخامت دارد)

29,28- آینه ها(با شعاع 10m و فاصله60cmاز هم وبا طلا لایه نشانی شده است)

23- مقاومت(که در دستگاه اصلی 51 است که به خاطر وضوح در این شکل کمتر نشان داده شده است.)

در دستگاه فوق مخلوط شامل IF_7+H_2 است که نسبت غلظت IF_7 به H_2 برابر(1:9-2)می باشد(در فشار torr 250-0).
ناحیه گسیل لیزری حدوداً 2.7-3.1μm، لیزری نسبتاً قوی با انرژی راه اندازی کم میباشد.

شکل زیر نمونه ای دیگر با پرتو الکترونی است



اجزای این دستگاه عبارت است از:

39,39- پنجره بروستر　　33,32_ آینه ها　　37_ مخلوط گاز(مثل IF_7+H_2)

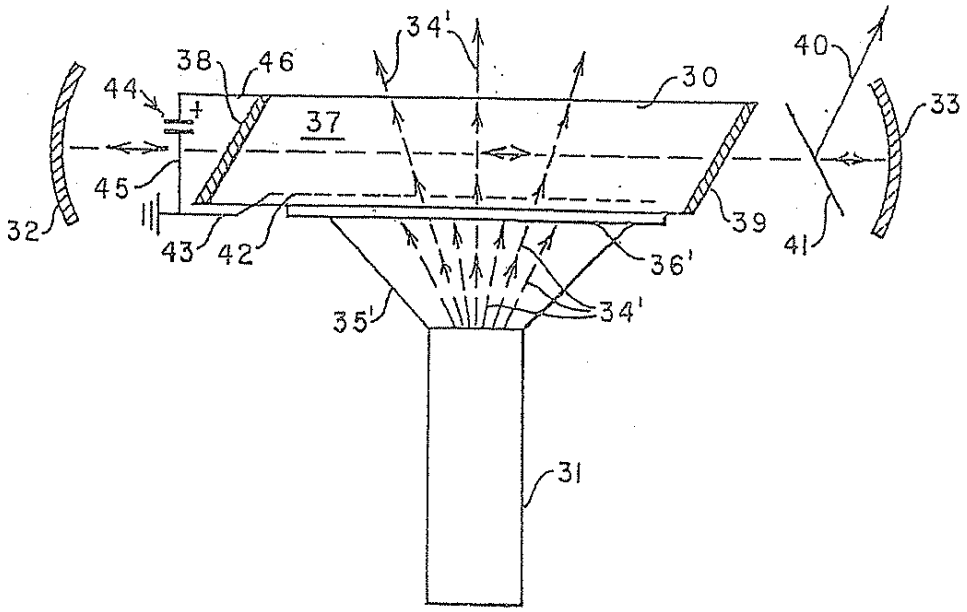
41_ جدا کننده پرتو　　31- مولد باریکه (مثل شتاب دهنده)

35- پخش کننده پرتو　　36- پنجره(فویل آلومینیوم)

۳۰- تیوب لیزر(با ساختمان فویل متال شفاف برای باریکه الکترون،$cm^2$۱ضخامت و cm^4طول)

دستگاه فوق مخلوط شامل IF_7+H_2 است که نسبت غلظت IF_7 به H_2برابر(1:8-3)می باشد.ناحیه گسیل لیزریμm2.7-3.1در فشارtorr10-250،چهار خطوط طیفی از دوران-ارتعاش پیدا می شود.از مولد باریکه الکترونی برای راه اندازی واکنش های شیمیایی استفاده می شود.مزیت این روش این است که انرژی واکنش زیادی را در زمان کوتاه تولید می کند.دستگاههای آزمایش فوق،قابلیت رسیدن بهj500در ns50را دارند.

در شکل زیر که تصحیح شده شکل فوق می باشد از یک خازن در نقطه44استفاده شده است



39,39- پنجره بروستر　　33,32_ آینه ها　　37_ مخلوط گاز(مثل IF_7+H_2)

41_ جدا کننده پرتو　　31- مولد باریکه　　44- خازن

42- توری　　43- واصل بین توری و خازن و زمین　　35- پخش کننده پرتو

36- پنجره(مثلاً فویل آلومینیوم)　　۳۰- تیوب لیزر

پالسهای تولید شده زمان پالس100-200nsدارد.

وجود خازن به دو علت که:

1)در سیستم های لیزری بزرگ وقتی موج الکترون به تنهایی استفاده شود مقداری از انرژی خود را در محیط فعال لیزر از دست می دهد،با این حال وجود خازن و یک میدان الکتریکی بادامنه مناسب در طول محیط فعال لیزر ،انرژی ازدست رفته را جبران می کند.این باعث می شود تا یک یکنواختی بیشتر ازانرژی در طول حجم بزرگ لیزگیری ایجاد شود.

2)میدان الکتریکی می تواند انرژی الکترون های ثانویه ایجاد شده با موج الکترون را کنترل نماید.استفاده از خازن برای منطبق کردن انرژی الکترون های ثانویه جهت هماهنگ شدن با تحریک تشدیدی یا فرایند تجزیه نمونه های مولکولی مختلف کاربرد داشته باشد.

نام پروژه:استفاده از لیزر پالسیDF برای انهدام هدف مورد نظر

مکانیزم:

وقتی که پالس نور با شدت بالا به هدف تابیده می شود لایه های سطحی را چنان گرم می کند که سطح را بخار نموده وموجب احتراق می گردد.در اثر احتراق هوای اطراف هدف را به پلاسما تبدیل می کند.اگرگرمای حاصل به حد کافی زیاد باشد یک موج ضربه ی که به اصطلاح "موج انفجارپشتیبان لیزری"نامیده می شود،تولید می گردد.

عملکردپالس های لیزری عملا مشابه برخورد گلوله می باشدبا این تفاوت که در فواصل زیاد هم بخوبی عمل می کند..
این لیزر می تواند پالسهایی با انرژی بیش از300jوطول3-5µsecتولید کند.

قطرتیوپ17cmوطول آن1mاست.سیستم روی نوعی خودرو که دارای برجک چرخنده می باشد مستقر است(HMMWV).