

لیزر و مسافت سنج لیزری

احمد یزدانی فرد

Engineer.yazdany@gmail.com

کلمات کلیدی : لیزر ، تئوری کوانتم ، فوتون ، وارونگی

الف : چکیده

را طی می کند در حالی که کمترین واگرایی را دارند . در یک منبع نور معمولی نور توسط امواج جداگانه مخلوط با هم که هر کدام به صورت تصادفی متساعد می شوند ، منتشر می شود و از این جهت تنها می توانند مسافت کوتاهی را طی کنند . در حالی که اگر امواج هم راستا و بدون تداخل باشند ، امواج به صورت منسجم منتشر می شوند . در لیزر ، امواج نور دقیقا در امتداد هم هستند . بنابراین دارای یک ناحیه ثابت هستند . این انسجام در نور لیزر است که باعث تمام تفاوت ها در این نور می شود که آنرا بسیار باریک ، قدرتمند و باعث تمرکز آسان آن روی یک جسم شده است . نوری با چنین ویژگی هایی در طبیعت یافت نمی شود . لیزر پالس مافوق را به بررسی طبیعت در مقیاس زمانی فمتوثانیه ، مطالعه زمان ، حل و فصل تعدادی از فرآیندهای فیزیکی و

امروزه ، نسل پالس مافوق ، موضوع پژوهش و فعالیت های جدید می باشد . پیشرفت سریع در این زمینه به ایجاد لیزر عملی و مفید که در حال حاضر می تواند تولید پالس در مقیاس زمانی فمتوثانیه (۱۰-۱۵) منجر شود . در این کار ، ما به استفاده از این تحولات به بحث در مورد کاربردهای عملی لیزر می پردازیم که بتوان در آینده آنها را به صورت جدید تکمیل و یا نسل جدیدی از آنها را ایجاد کنیم .

ب : مقدمه

لیزر یک منبع نور قوی است که دارای خواص فوق العاده ای است که نورهای معمولی مثل لامپ تنگستن ، لامپ جیوه و . . . ندارند . خاصیت اصلی لیزر این است که امواج نور مسیره های بسیار طولانی

شیمیایی، بیولوژیکی فوق سریع را اجازه می دهد به عنوان مثال ، چنین لیزرهایی ، راه اندازی و نظارت بر واکنش های شیمیایی فوق سریع ، مطالعه فرآیندهای آرامش و پدیده های گذرا ، حل دینامیک مولکولی و بررسی فعل و انفعالات نور و ماده را فعال کرده اند [1] . کاربردهای بالقوه در زمینه هایی از قبیل ارتباطات ، الکترونیک سرعت بالا و پردازش سیگنال نادرست دارد [2] . در حوزه فرکانس ، جستجو کردن طیفی از حالت گسترده به همان اندازه فاصله تولید شده توسط یک فمتوتائیه حالت قفل لیزر می تواند به عنوان یک خط کش برای اندازه گیری فواصل فرکانس [3, 4] و همچنین می توان آن را به عنوان یک "پل فرکانس" مورد استفاده برای اتصال فرکانس دور قرار داد . بنابراین توانایی برای تولید پالس های بسیار کوتاه بسیار مطلوب میباشد . کار گزارش شده در اینجا بخشی از فعالیت های پژوهشی گروه ما در دانشگاه پیزا است . گروه ما در همکاری با استانداردهای فرکانس گروهی از موسسه نووسیپرسک فیزیک لیزر (روسیه) ، در حال حاضر در حال توسعه یک زنجیره فرکانس که به نحوی منسجم در ارتباط سیگنال از حوزه های مختلف فرکانس نوری ، به محدوده رادیویی قادر خواهد بود . با چنین زنجیره ای برای انتقال ثبات فرکانس بین

سیگنال ها از حوزه های مختلف امکان پذیر خواهد بود . در عوض ، آن به ما اجازه می دهد تا توسعه ابزار های جدید اندازه گیری از قبیل : استانداردهای فرکانس (سینت سائزر) و شمارنده فرکانس [5,6] . جستجو کردن طیفی فرکانس نوری تولید شده توسط یک لیزر فمتوتائیه به عنوان پایه ای برای توسعه زنجیره فرکانس ذکر شده در بالا استفاده می شود.

ج : روش کار

در ابتدا به مطالعه و جمع آوری اطلاعات موجود در خصوص نحوه ی کار لیزر پرداختیم . در این راستا بسیاری از مقاله های منتشر شده مورد بررسی قرار گرفتن که از میان آنها چند مقاله تایید شده و برای ادامه کار بر روی آن ها تمرکز شد . اولین مسئله ای که باید در مورد آن تحقیق می شود نوع کار لیزر بود . از تحقیقات به عمل آمده ما توانستیم نحوه عمل کرد اتم ها را برای بوجود آوردن لیزر متوجه شویم که براساس تئوری کوانتم می باشد:

۱- کار لیزر و تئوری کوانتوم ساز و کار لیزر به خوبی میتواند تئوری کوانتومی را ثابت کند . آلبرت انیشتین بزرگترین فیزیکدان معاصر بیان کرد وقتی یک اتم یا یک مولکول بوسیله ی یک موج الکترومغناطیس مثل نور برانگیخته شود ، فوتون

(بسته های نور) با طول موج همسان موج الکترومغناطیسی که به آن برخورد کرده است را منتشر می شود. Charles Townes اولین کسی بود که از این تحریک اتمی استفاده کرد و آن را برای تقویت تولید، یک تقویت کننده به کاربرد و بوسیله آن Maser (تقویت امواج میکروویو) را ساخت. اولین Maser در بخار آمونیاک با طول موج $1/25$ cm تولید شد. گسترش اصل Maser به طول موج توسط Towes همراه با Arthur Leonard Schawlow مطرح شد به طوری که با استفاده از یک یک تقویت کننده لیزر و حفره ای آینه ای تعداد انعکاس های امواج را بیشتر کردند که فوتونهای بیشتری تولید شود و پرتو تولیدی سریعتر رشد کند. تا به یک پرتو شدید قابل مشاهده تبدیل شود. هر اتم بر اساس تئوری کوانتومی فقط می تواند انرژی مشخصی گرفته و در سطوح انرژی مشخص قرار گیرد. در حالت معمول اتم در پایین ترین سطح انرژی یا سطح زمینی قرار دارد. زمانی که نوری از یک منبع مولد قدرتمند شبیه لامپ فلش یا لامپ جیوه به اتم تابانیده می شود اتم ها از حالت پایه به سطوح بالاتر انرژی می روند که به این فرآیند جذب می گویند. اتم پس از ماندن در حالت برانگیخته برای مدت زمان بسیار کمی (کمتر از 10^{-8} ثانیه) دوباره با آزاد کردن یک فوتون به حالت پایه

اولیه خود بر می گردد که به این فرآیند گسیل می گویند. این دو فرآیند یعنی جذب و گسیل خود به خودی در مورد اتم با منبع نور معمولی امتحان شد. برای این که اتم به حالت برانگیخته برسد باید با یک فوتون خارجی برخورد کند که دقیقاً همان انرژی لازم برای انتشار خود به خودی را به دست می آورد. بنابراین زمانی که به حالت برانگیخته رسید، نوعی دیگر از فوتون را علاوه بر فوتون خارجی گسیل می دارد که هر دوی آنها از یک حالت برانگیخته و از یک مکان منتشر می شوند که این فرآیند را گسیل القایی می گویند که اساس عملکرد لیزر است. هنگامی که شرایط مطلوب برای انتشار تحریک شده فراهم شود اتمهای بیشتر و بیشتر مجبور به آزاد کردن فوتون می شود که این امر پیرو آزاد شدن زنجیره ای فوتون ها اتفاق می افتد با گسترده شدن مقدار انرژی تولید سریعتر فوتون ها را به دنبال خواهد داشت. نتیجه این فرآیند تولید نور تک رنگ با طول موج مشخصی است که در یک جهت ثابت و دقیق حرکت می کند. این فرآیند تقویت شده، گسیل القایی نامیده می شود. تعداد اتم هایی که در یک سطح مشخص قرار دارند در یک زمان معین مشخص می باشند، که به آن جمعیت سطح می گویند

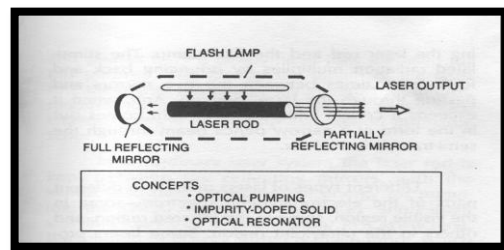
۳- طراحی یک لیزر

لیزر به طور کلی سه مولفه اساسی دارد:
الف) یک رسانای فعال به شکل یک میله که می تواند به صورت انتخابی جمعیت انرژی سطح را مشخص کند
ب) پمپ انرژی برای ایجاد وارونگی جمعیتی بین برخی از سطوح
ج) یک حفره تشدید کننده که امواج ساعت شده را جمع می کند و با حفظ انسجام امواج را ساعت می کند .

مشکل اصلی در طراحی یک لیزر این است که بتوان به اندازه کافی جمعیت اتم های در حالت برانگیخته تولید کرد برای رسیدن به این هدف بسیاری از روشهای مبتکرانه به طور کامل امتحان شده است . رایج ترین و بهترین روش تحریک دوباره ماده توسط یک منبع نور قوی یا یک لامپ فلاش است که به میله که داخل سیستم کار گذاری شده است ، تابانیده می شود . فقط آن دسته از مواد که می توانند بابرانگیخته شدن و ایجاد وارونگی جمعیت آشفته لیزر تولید کنند استفاده می شوند . طول عمر طولانی و سطح وضوح لایه های انرژی معمولاً با هم همراه هستند بنابراین بهترین موادی که میتوانند مورد استفاده جهت تولید لیزر قرار بگیرند کریستالهایی با گوشه های تیز و گازهایی با فشار پایین می باشند . یک جنبه دیگر

طراحی ساخت لیزر شامل یک حفره تشدید کننده و به حداکثر رساندن فرایند گسیل القای است . دو آینه با دقت بالایی تراز می شوند که یکی از آن ها بیش از ۹۹ درصد قابلیت بازتاب را دارد و آینه دیگر بازتاب کمتری نسبت به اولی باید داشته باشد که در دو سمت انتهای میله هادی لیزر و چراغ فلش قرار می گیرند . تحریک فرایند گسیل به وسیله ی دو آینه به صورتی است که تابش ، چندین بار بین دو آینه به جلو و عقب بازتاب می شود و چندین بار از محیط لیزری (لوله ی حاوی گاز) عبور می کند سپس هنگامی که نور لیزر خالص تولید شد و به حد خلوص مشخصی رسید نور لیزر به صورت یک مداد باریک از طریق آینه ی نیمه شفاف به بیرون می رود . انواع مختلفی از لیزر در طیف مختلف الکترومغناطیس قابل مشاهده است در بخش هایی از زنون F بعضی از آن ها قابل مشاهده و در نقطه مرئی قرار دارند و برخی از آن ها در منطقه مادون قرمز و برخی از آن ها در منطقه ماورا بنفش اند . بعضی از لیزرها ، پرتوهای نوری به صورت مداوم تولید می کنند و بعضی از آن ها تنها پالسی از نور را تولید می کنند (کمتر از یک میلی ثانیه) در واقع دو نوع لیزر وجود دارد ، امواج پیوسته و مداوم (CW) و نوع دیگر پرتو پالس می باشد . در لیزر CW نور ساطع شده با سرعت کم ولی به طور ثابت

و مداوم منتشر می شود لیزرهای گازی از این دسته اند . از طرفی لیزرهای پالسی دارای قدرت زیادی بوده و به صورت انفجاری تولید می شود در حالی که مدت زمان کوتاهی دارند . لیزرهای کریستالی ، شیشه ای و انواع لیزرهای مایع از این نوع لیزر هستند . به طور کلی لیزرهایی که در ناحیه لیزرهای جامد قرار دارند ، دارای شدت زیادی هستند که به مقدار زیادی در داخل کریستال انتشار می یابد . آنچه حالا باید بدانیم آن است که چه موادی می توانند لیزر تولید کنند :



شکل ۱ : اجزای تشکیل دهنده برای ایجاد لیزر

۴- انواع لیزرها :

لیزرها دسته بندی گسترده ای دارند که عبارتند از : لیزرهای تولید شده از مواد جامد بوسیله پمپ نوری ، لیزر مایع(رنگ) ، لیزر گاز ، لیزر نیمه هادی، لیزر های الکترون آزاد ، لیزر اشعه ایکس ،

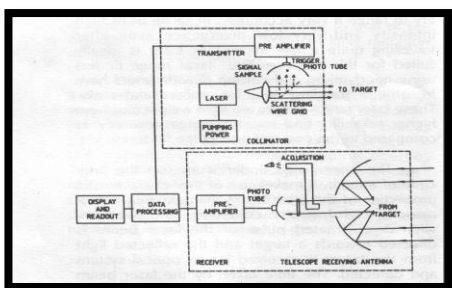
لیزر شیمیایی / ۵- کاربرد های لیزر

پزشکی : انواع جراحی ها مانند :جراحی تومور بدون باز کردن جمجمه و . . .
صنعت : ماشین لیزر حکاکی و برشکاری طلا ، اسکنر سه بعدی ، کاربرد لیزر در ساختمان و ...
ساختمان : دیوار چینی و شاقول کردن ، حفاری و ایجاد استخر با شیب دقیق ، بتن ریزی با شیب و عمق یکنواخت ، قراردادن ستون و ساخت سقف شیب دار
نظامی: جنگنده های لیزری در تعقیب اخترشناسان ، سلاح لیزری آوانجر ، لیزرهای ضد اسکاد ، انهدام موشک بالستیک با لیزر ، لیزری که در اعماق اقیانوس می تابد و ...

ارتباطات و
مخابرات کاربردهای دیگر: اثبات نظریه نسبیت انیشتین ، کشتن پشه، لیزر در خیابان و ... آنچه ما در این جا به آن می پردازیم فاصله سنجی با لیزر است .
۶- مسافت یاب لیزری

برای زدن یک تانک دشمن ، لازم است برد آن بسیار دقیق تعیین شود . با توجه به شدت بالا و واگرایی بسیار کم حتی کاملاً پس از چند کیلومتر ، لیزر بطور ایده آل برای این منظور مناسب است . مسافت یاب های لیزری با استفاده از نئودیمیم و

گیرنده برای تشخیص بین سیگنال و نویز نور سرگردان را موجب می شود .



شکل ۴ : سیستم داخلی یک فاصله سنج لیزری

یک لیزر مسافت یاب معمولی می تواند به چهار بخش تقسیم شود: (۱) فرستنده ، (۲) گیرنده ، (۳) صفحه نمایش و بازخوانی و (۴) تلسکوپ رویت . یک نسخه قبلی از یک لیزر مسافت یاب به صورت شماتیک در شکل بالا نشان داده شده است . فرستنده از یک لیزر Nd:YAG با سوئیچ-Q استفاده می کند که پالسی تنها ، موازی و کوتاه از تابش لیزر را به هدف می فرستد . یک شبکه سیمی پراکنده یک نمونه کوچک از نور را از پالس فرستنده بر روی ردیاب نور هدایت می کند ، که پس از تقویت به شمارنده خورنده می شود . این نمونه نور ، شمارنده را راه اندازی می کند . پالس منعکس شده ، توسط تلسکوپ دریافت شده ، از طریق یک فیلتر بین رابط برای حذف کردن هر پرتو خارجی عبور می کند . سپس به

لیزرهای دی اکسید کربن به یک آیتم استاندارد برای توپ خانه و تانک ها تبدیل شده اند . این مسافت یاب های لیزری ، سبک و قابلیت اطمینان بالاتری دارند و دقت برد برتری در مقایسه با مسافت یاب های معمولی دارند . مسافت یاب لیزری بر روی اصول یک رادار کار می کند . مسافت یاب از خواص مشخصه پرتو لیزر ، یعنی : تک رنگی، شدت بالا، انسجام و جهت گیری استفاده می کند . یک پالس تعدیل شده از پرتو لیزر به سوی یک هدف هدایت شده و نور منعکس شده از هدف ، توسط یک سیستم نوری دریافت و شناسایی می شود . زمان گرفته شده توسط پرتو لیزر برای رفت از فرستنده به هدف اندازه گیری شد . وقتی نیمی از زمان ثبت شد در سرعت نور ضرب می شود، این محصول برد، یعنی، فاصله هدف را پیدا کرده است . مسافت یاب های لیزری به رادار مایکروویو برتری دارند زیرا اولی تنظیم و یا تحکم پذیری بهتری فراهم می کند ، که تفکیک پذیری زاویه ای بالا را امکان پذیر می کند . همچنین ، مزیت روشنایی تابشی بیشتر دارد و این واقعیت که این روشنایی بسیار جهت دار است حتی بعد از رفت و برگشت در مسافت های طولانی، اندازه سیستم ساطع کننده تا حد زیادی کاهش می یابد . تک رنگی بالا، امکان استفاده از فیلتر میانگذر نوری را در مدار

روی ردیاب نور دیگر متمرکز می شود . سیگنال بدست آمده به شمارنده خورنده می شود . یک سیستم دیجیتال فاصله زمانی را به مسافت تبدیل می کند . بنابراین برد تعیین شده توسط شمارنده در خوانش نشان داده شد . تلسکوپ روشنایی به اپراتور اجازه می دهد در حالیکه به هدف نگاه می کند برد را بخواند . مدارات ویژه ای برای از بین بردن سیگنال های نادرست با کمک ولت افزایشی برد و برای استفاده مسافت یاب لیزر در تمام شرایط آب و هوایی استفاده شده اند که اهداف را می توان بطور بصری از طریق تلسکوپ رویت کرد. نسخه های مدرن مسافت یاب های لیزری از لیزر Nd:YAG با پالس تکراری بالا و یا لیزر دی اکسید کربن با سیستم ولت افزایشی برد استفاده می کنند. در مسافت یابی هدف در حدود ۱۰ کیلومتر بدون استفاده از این سیستم ها، دقت در ۵ متر به راحتی به دست آمد. مسافت یاب های لیزر با برد متوسط (تا ۱۰ کیلومتر) در مناطق مختلف دفاعی استفاده می شود، از جمله : ۱- مسافت یاب لیزری تانک برای توپخانه، یک زره پوش، و یا یک کامیون ۲- مسافت یاب های لیزری قابل حمل، که در سیستم های کنترل آتش توپخانه میدانی استفاده می شود. اینها برای استفاده کاربردهای میدانی در رابطه با سیستم های کنترل آتش توپخانه در نظر گرفته شده اند . ۳-

مسافت یاب لیزری هوابرد، با نصب غلاف و موقعیت سروو برای نیروی هوایی است. در هر سیستم تسلیحاتی هوابرد، یکی، مثلا، فاصله هدف . مسافت یاب لیزری ویژگی های مشخصه یک لیزر را با تثبیت ژيروسکوپ برای ارائه یک تجهیزات ترکیب می کند که دقیق تر است و یک پاسخ سریع تر نسبت به هر نوع وسیله دیگر استخراج هوا به سطح یا هوا به برد هوا دارد. در همان زمان، نسبت به هر رادار دیگر فشرده تر است. ۴- مسافت یاب لیزری ترانزیستوری کوچک، یک دستگاه کوچک جمع و جور، با وزن کمتر از ۴ کیلوگرم، برای فاصله کمتر از ۵ کیلومتر مفید است. این مسافت یاب از لیزر دیود نیمه هادی در انتشار پالس کوتاه مدت استفاده می کند. با این کار، امکان ارسال و دریافت ارتباطات صوتی/ تصویری و یا اهداف دقیق با یک لیزر دستی وجود دارد، حتی از محیط ناپایدار در یک هلیکوپتر و یا در یک کشتی که در اطراف توسط دریاهاى خروشان پرتاب می شوند. هیچ سه پایه جداگانه ، بسته های قدرت سنگین، و یا دیگر لوازم اضافی بر روی آن وجود ندارد. این لیزر یک بازخوانی فوری از فاصله و ارتفاع بر روی دستگاه را می دهد .

د : نتایج

در زندگی و تکنولوژی امروزه بیش از پیش احتیاج به سرعت و دقت در تمامی سطوح مختلف به

اندازه گیری سطح خارجی جسم بیمار از فاصله سنج لیزری مخصوصی استفاده کنیم . در این خصوص در ابتدا تحقیقات کاملی در باره لیزر و کاربردهای آن و هم چنین فاصله سنج لیزری انجام دادیم تا در آینده بتوانیم با استفاده از یک فاصله سنج لیزری که قدر پردازش تصویر در سطوح بالایی را داشته باشد به پردازیم . امید است با کمک خداوند منان این در این راه موفق بوده و کمک شایانی به پزشکان در درمان بیماران داشته باشیم .

و : مراجع

[1] Paolo Foggi, Laura Bussotti, and Frederik V. R. Neuwahl *Photophysical applications of photochemical and femtosecond time-resolved transient absorption spectroscopy* International photoenergy, Vol.3, 103 (2001) journal of

[2] Wayne H. Knox *Ultrafast Technology in Telecommunications* IEEE journal on quantum electronics, selected topics in Vol. 6, No.6 (2000)

[3] Th. Udem, J. Reichert, R. Holzwarth, T.W. Hansch. *Accurate*

چشم می خورد . ما با دنیایی روبرو هستیم که در آن همه علوم به سوی فرا زمانی در حرکت هستند و در این حرکت سریع ، دقت و انجام صحیح عمل آن هم با استفاده از نیروی کار کمتر از اهمیت بالایی برخوردار است . زیرا برگشت و دوباره عمل کردن نه تنها وقت گیر بوده بلکه خود باعث جاماندن از پیشرفتی جدید می شود . در این زمان آنچه که هر دو المان سرعت و دقت آن هم در سطحی بسیار بالا را دارا باشد ، بسیار حایز اهمیت و مورد توجه است . در بین تمامی عناصر تنها نور است که سرعتی قابل توجه و بالایی دارد و لیزر نوری با سرعت و دقتی بالا بوده که ساخته ی دست بشر است . استفاده از این دستاورد خود باعث ترقی و پیشرفت برای کشور ها شده و آرامش و آسایش و سلامتی را به دنبال دارد . امروزه کمتر کشوری یافت می شود که از کاربردهای لیزر بی بهره باشد . به همین دلیل بسیاری از دانشمندان و مخترعین به دنبال آن هستند که دستگاه های جدیدی را اختراع کنند که کاربرد های جدید و یا تکمیل کاربردهای قبلی را بر اساس کار لیزر داشته باشند .

ه : نتیجه گیری

با توجه به مشکلات موجود در زمینه های مختلف صنعتی در کشور و مشکل کمبود گاز دستگاه MRI ما به دنبال حل این مسئله برآن شدیم ، برای

Kuznetsov, Y.A. Matyugin, V.S. Pivtsov, V.F. Zakharyash *Application of Femtosecond Lasers for the Frequency Synthesis in Radio-Optical Ranges and for the Creation of an Optical Clock* Laser Phys. V.11, n10, pp. 1094-1097 (2001)

[6]R. Holzwarth, J. Reichert, Th. Udem, and T. W. Hänsch A New Type of Frequency Chain and Its Application to Optical Frequency Metrology Laser Physics, Vol. 11, No. 10, 2001, pp. 1100–1109.

measurement of large optical frequency differences with a mode –locked laser Opt. Lett., vol.24, N 13, 991 (1999)

[4] Diddams S.A., Jones D.J., Ye J., Cundiff S.T., Hall J.L, Ranka J.K., Windeler R.S., Holzwarth R., Udem T., and Hansch T.W. Direct link between microwave and optical frequencies with a 300 THz femtosecond laser comb Phys. Rev. Lett., vol. 84, pp. 51025105, (2000)

[5] S.N. Bagayev, S.V. Chepurov, V.M. Klementyev, D.B. Kolker, S.A.