

EL-00 (2004/09/13)

مقدمه‌ای بر فیزیک - لیزر¹ فصل - صفر^۲ م

e_karimi@azu.ac.ir

ابراهیم - کریمی

لیزر وسیله‌ای است که نوری قوی، پر شدت و با واگرایی کمی تولید کند. در اغلب موارد لیزر نوری با پهنای فرکانس کمی تولید می‌کند. قطر باریکه‌ی خارج شده از لیزر در بازه‌ی در حدود چند برابر موی انسان تا ابعاد یک ساختمان بزرگ متغیر است و توانی در بازه‌ی $10^{-9} W$ تا $10^{20} W$ دارد و از نظر طول موج، طول موجی در بازه‌ی میکرومتر² تا اشعه‌ی x^3 نرم دارد که متناسب با بازه‌ی فرکانس‌ی $10^{11} Hz$ تا $10^{17} Hz$ است. لیزرها پالس انرژی‌هایی به بزرگی $10^4 J$ و فاصله‌ی زمان پالس به کوتاهی 6×10^{-15} ثانیه دارند. آن‌ها به راحتی می‌توانند در اغلب فلزها سوراخ ایجاد کنند و هم چنین به راحتی می‌توانند شبکه‌ی انسان را جوش دهند. لیزرها یک کلید چند منظوره برای بیش تر سیستم‌های کاربرد ی پیش رفته هستند به عنوان سوزن - گرامافون برای دستگاه‌های نویسنده یا خواننده‌ی لوح‌های فشرده یا به عنوان بخش اصلی

Laser¹
Micrometer²
Soft-X-Ray³

در شبکه ی لیدار^۴ به منظور - هواشناسی و شناسای ی آلوده گی جو - زمین به کار می‌روند. لیزرها رفتار - گرمای ی فلزهای فوق - سخت، نظیر - پیستون - ماشین، را نشان می‌دهد و برای بسیاری از عمل‌های جراح ی از چاقوهای جراح ی خاص - لیزری استفاده می‌کنند. هم چنین از آن‌ها برای هدف یاب - سلاح‌های جنگ ی و هم چنین کنترل کردن - سریع - وسائل - داخل - یک فروش گاه استفاده می‌کنند.

0 مقدمه

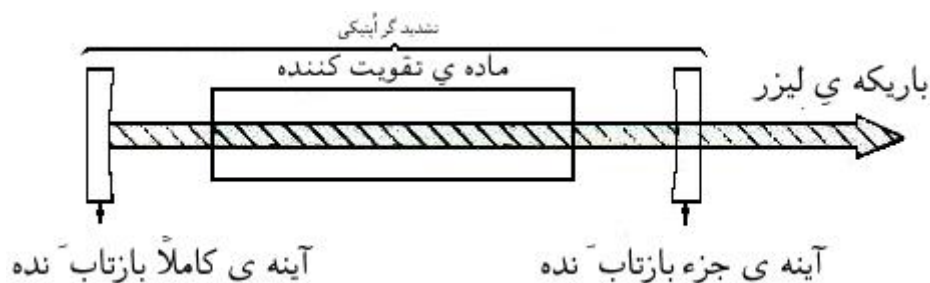
هیچ چیز - جادویی درمورد - لیزرها وجود ندارد. این‌ها مثل - یک منبع - نوران ی دیگری هستند که شما آن‌ها را دیده اید، البته با تفاوت‌هایی که لیزرها را از بقیه ی منبع‌های نوران ی دیگر جدا می‌کند، لیزرها قطعاً دارای یک سری خواص - منحصر به فرد هستند که آن‌ها را از بقیه ی منبع‌های نوران ی دیگر جدا می‌کند. هر چند که این خواص را می‌توان به دون - یادگیری تکنیک‌های پیچیده ی ریاضی و استفاده از اعداد - مختلط یاد گرفت. هدف - این کتاب و درس بیان - عمل کرد - لیزر به زبان ی ساده است. منطق این دید گه در فصل - بعد بیان خواهد شد. مفاهیم ی که بیان شده اند را می‌توان برای همه ی کلاس‌های مواد - لیزری به کار بُرد به گونه ای که خواننده خواهد توانست دید گاه - خود را نسبت به زمینه ی لیزرها توسعه دهد و دانش - یادگیری و طراحی ی یا طرز - کار - انواع - خاص - سیستم‌های لیزری را به طور - کامل و جزء به جزء خواهد فهمید.

1 معرف ی یک لیزر

کلمه ی لیزر مخفف - واژه ی «تقویت - نور به وسیله ی نشر - خود به خود ی تشعشع»^۵ می‌باشد و نشان گر - فرآیندی ی است که در آن یک پالس تقویت خواهد شد - نه این که بقیه ی سیگنال‌ها وجود ندارند - بل که این وسیله یک سیگنال را نسبت به بقیه ی سیگنال‌ها تقویت نموده و بقیه را از بین می‌برد. این فرآیند شامل -

⁴Lidar

⁵Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation



شکل ۱: نماي ساده ي یک لیزر.

گسیل - خود به خودی: ⁶ که اثر ي طبیع ی است و با در نظر گرفتن - تعادل - ترمودینامیک ی به آن خواهیم رسید.

پس خوران - اُپتیک ی: ⁷ (که در بیش تر لیزرها) به وسیله ي آرایش ی از آینه هادرست می شود.

بنا براین، در ساده ترین حالت، لیزر از یک ماده ي تقویت کننده، که در آن گسیل - خود به خودی به وقوع می پیوندد و یک آرایش از آینه هایی برا ي پس خوران کردن - نور به داخل - ماده ي تقویت کننده برا ي تقویت - پیوسته ي پرتو ي نوری تشکیل شده است (به شکل - 1 توجه کنید).

2 ساختار - ساده ي یک لیزر

به وسیله ي نور - حاصل از یک شمع - روشن به ساده گی می توان ساختار - لیزر را درک کرد، طبیعتاً نور - حاصل از یک شمع - روشن در همه ي جهت ها به طور - یک سان منتشر می شود، در نتیجه اجسام - مختلف ی را که در فاصله هاي یک سان ی از شمع قرار دارند به طور - یک سان روشن می شوند. لیزر نورهای ی را، طبیعتاً، در همه ي راستاها منتشر

⁶ Stimulated emission
⁷ Optical feedback

می‌شوند، نظیر - نور - یک شمع - روشن، در یک راستای خاص متمرکز می‌کند. بنا بر این، اگر نور - حاصل از یک شمع را تنها در یک راستا به قطر - مردمک - چشم، حدود - 3 mm ، جمع کنیم و در شما در فاصله ای در حدود - 1 m از شمع به ایستید. شدت - نور در حدود - یک میلیون برابر - حالتی است که نور - شمع در همه ی جهت ها منتشر می‌شد. هم این تضمین کننده ی مفهوم - لیزر است. هر چند که یک شمع را نمی‌توان به عنوان - ماده ی تقویت کننده ی نور مورد - استفاده قرار داد به عبارت ی انتظار خواهیم داشت که لیزر - شمع ی نداشته باشیم. مواد - لیزری بایستی دارای شرایط - خاصی باشند - برای این که تقویت - نور در داخل - ماده ی لیزری حادث شود بایستی قابلیت - زیر وجود داشته باشد - به عنوان - مثال قابلیت - گرفتن -، جذب -، نوری که به طور - طبیعی در همه ی راستا ها منتشر می‌شود را داشته و نور را در یک راستای خاص، راستای انتشار - پرتو، متمرکز کند. این شرایط - خاص و مواد ی که لیزرها را می‌سازند به طور - مفصل در این کتاب توضیح داده شده اند.

3 خواص - منحصر به فرد - یک لیزر

پرتوی نوری که به وسیله ی یک نوع لیزر تولید شده می‌تواند خواص - منحصر به فردی داشته باشد. زمان ی که خواص - نور - لیزر را با بقیه ی منابع - نوری مقایسه می‌کنیم، آن گاه تفاوت - بین - پارامترهای مشخص کننده ی نور بین - آن ها کاملاً مشخص خواهد شد، بعضی از این پارامترها بسیار متفاوت هستند. به هر حال ما هرگز از لیزر برای روشن کردن - خیابان یا برای روشنایی داخل - منزل استفاده نمی‌کنیم. یا برای نورافکن، چراغ قوه یا چراغ - جلوی ماشین از آن ها - لیزرها - نمی‌توان استفاده کرد یا به تراست به گویم استفاده نمی‌کنند. لیزرها نسبت به بقیه ی منابع - نوری به طور - کلی یا دارای توزیع - فرکانس ی بسیار باریک (کم) یا شدت - بسیار بالا یا بسیار موازی یا دارای زمان - پالس - بسیار کوتاه هستند. به همین دلیل، ما از آن ها در دیسک خوان ها استفاده می‌کنیم یا به عنوان - خواننده ی کُد های میله ای لوازم - یک فروش گاه و در وسائل - کاربردی و پزشکی نظیر - چاقوی جراحی استفاده می‌شود. ما هم چنین از آن ها - لیزرها - در سیستم های کاربرد ی و در رادارها، لیدارها و هدف یاب های نظامی و در بسیاری از زمینه های دیگر استفاده می‌کنیم.

لیزر یک منبع - نوری خاص است که تنها زمان ی بایست ی مورد - استفاده قرار گیرد که خواص - منحصر به فرد - آن مورد - نیاز باشد.

4 طول - موج و طیف - مربوط به لیزرها

یک ناحیه از طیف - تابش - الکترومغناطیس ی در شکل - 2 مشخص شده است. که این ناحیه توسط - لیزر هایی که در حال - حاضر موجود - اند، پوشانده شده است. این ناحیه ی طیف - الکترومغناطیس ی از مادون - قرمز - دور⁸ ($\lambda = 10^3 \mu m$) شروع شده و تا اشعه ی x نرم⁹ ($\lambda = 3 nm$) پهن شده، به عبارت ی پهن آ ی این بازه از مرتبه ی 6 می باشد. این بازه شامل - ناحیه ی مادون - قرمز¹⁰، مرئی¹¹، فرا بنفش¹²، فرا بنفش - خلاء¹³، فرا بنفش - شدید¹⁴ و اشعه ی x نرم می باشد.

واحد های طول - موج

$$1 \mu m = 10^{-6} m$$

$$1 A^\circ = 10^{-10} m$$

$1 nm = 10^{-9} m$ است، به عبارت ی $1 \mu m = 10^4 A^\circ = 10^3 nm$ است.

برای مثال؛ نور - سبز طول - موج ی در حدود - $5 \times 10^{-7} m = 0.5 \mu m = 500 nm$

$5000 A^\circ$ دارد. نواح ی طول - موج

10 - 1000 μm

مادون - قرمز - دور

1 - 10 μm

مادون - قرمز - متوسط¹⁵

0.7 - 1 μm

مادون - قرمز - نزدیک¹⁶

400 - 700 nm

مرئی

200 - 400 nm

فرا بنفش

Fra infrared⁸

Soft-X-Ray⁹

Infrared¹⁰

Visible¹¹

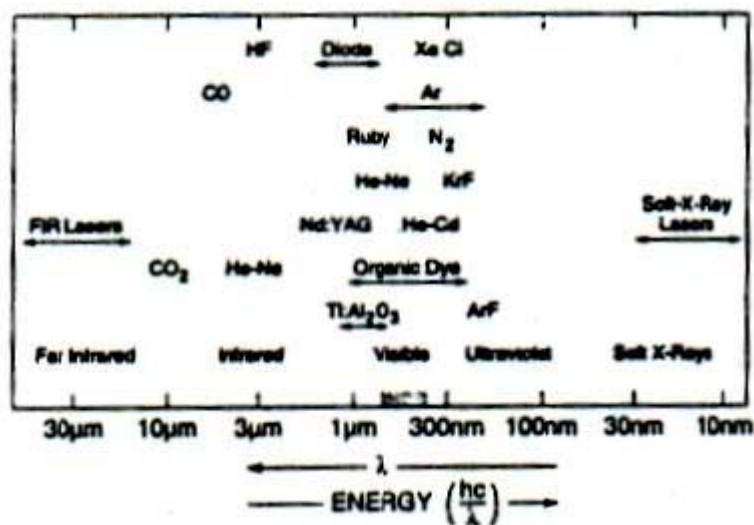
Ultraviolet¹²

Vacuum ultraviolet¹³

Extreme ultraviolet¹⁴

Middle infrared¹⁵

Near infrared¹⁶



شکل ۲: طول موج انواع مختلف لیزرها.

100 – 200 nm

فرا بنفش - خلاء

10 – 100 nm

فرا بنفش - شدید

1 – 20(30) nm

اشعه ی x - نرم

5 تاریخچه ای مختصر از طراحی و ساخت انواع لیزرها

چارلز تاونز [a] از فرآیند گسیل القایی برای ساختن یک تقویت کننده ی مایکرو ویو¹⁷ که میزر¹⁸ نامیده شد، استفاده کرد. این وسیله یک پرتوی هم دوس - مایکرو ویو را که در صنعت - مخابرات کاربرد دارد، تولید می کرد. اولین میزر در بخارهای آمونیاک با یک وارونه گی میان - ترازهای انرژی ی که باعث تولید و تشدید - طول موج - 1.25 cm می شد، تولید شد. طول موج - این میزر در مقایسه با ابعاد - دستگاه - تولید کننده ی آن قابل - مقایسه بود. در سال 1958 تاونز [a] و شاولوو [b] ایده ی اصل ی گسترش - میزر به ناحیه ی اپتیک ی را در یک مقاله منتشر نمودند. در این مقاله ایده ی طراحی ی یک تقویت کننده ی اپتیک ی را مطرح کرده بودند که از یک کاواک - تشدید کننده ای آینه ای

Microwave¹⁷

Maser¹⁸

درست شده بود که اجازه ی تقویت - پرتو را می داد. تاونز [a] و شاولوو [b] به خاطر - کارهای - شان در همین زمینه جایزه ی نوبل - فیزیک را دریافت کردند. در سال - 1960 تئودور می من [c] در آزمایش گاه - تحقیقاتی - هیوگنز [d]، اولین لیزر را با استفاده از یک کریستال - یاقوت¹⁹ به عنوان - تقویت کننده و از یک لامپ - فلاش به عنوان - منبع - انرژی، درست کرد. در این لیزر میله ی یاقوت به وسیله ی لامپ فلاش محصور شده و دو طرف - انتها یی میله ی یاقوت با مواد - بازتاب - نده ی خوب - نور لایه نشان ی شده بود. زمان ی که لامپ - فلاش روشن می شد، یک نور - قرمز رنگ - قوی از انتها یی (به طور - جزئی بازتاب - نده) میله ی یاقوت خارج می شد. اولین لیزر - گازی در سال - 1963 به وسیله ی احمد - جوان [e]، پنت [f] و هریت [g] در آزمایش گاه - بل [h] با ترکیب ی از گازهای هلیوم و نئون ساخته شد. در همان آزمایش گاه، یانین [i] و ناسائو [j]، اولین لیزر نئودیمیم را ساختند. در سال - 1962 در آزمایش گاه - تحقیقاتی - جنرال الکتریک [k] اولین لیزر - نیمه هادی به وسیله ی هال [l] ساخته شد. این رویه هم چنان ادامه پیدا کرد و در سال - 1963 پاتل [m] در آزمایش گاه - بل [h] لیزر - مادون - قرمز - دی اکسید - کربن را ساخت که یک ی از لیزرهای قوی و پرتوان است. در همان سال یل [n] از آزمایش گاه - فیزیک - طیف ها [o]، اولین لیزر - یون ی بخار - جیوه را ساخت و در سال - 1964 بریجز [p] در آزمایش گاه تحقیقاتی هیوگنز [d]، لیزر - یون - آرگون را ساخت و در سال - 1966 سیلفواست [q]، فتولز [r]، هاپکینگز [s] اولین لیزر - بخارهای فلز - کادمیم - هلیوم - آبی را تولید کردند. در طول - همین سال، سوروکین [t] و لنکارد [u] در آزمایش گاه - تحقیقاتی - IBM اولین لیزر - مایع ماده ی رنگ ی ارگانیک - حل شده در یک حلال را ساختند که منجر به توسعه ی شاخه ی لیزرهای کوک پذیر شد. در همان زمان، والتر [v] و هم کاران - ش از TRG ساخت - اولین لیزر - بخارهای مس را گزارش کردند. اولین لیزر - ماوراء - بنفش - خلاء در سال - 1970 به طور - مستقل توسط - هاگسون [w] از IBM و وی نانت [x] و هم کاران - ش در آزمایش گاه - تحقیقاتی ناوال [y] به وسیله ی مولکول های هیدروژن ساخته شد.

6 مرجع ها

Ruby crystal¹⁹

- [1] A. Yariv; "Optical electronic in modern communications", 5th edition (Oxford University Press, 1997).
- [2] W. T. Silfvast ; "Laser Fundamentals", (Cambridge University Press, 1996) .
- [3] Demtröder ; "Laser Spectroscopy", (Cambridge University Press, 1997).

[4] نورشناسی گاتاک

[5] آشنایی با دانش - جدید - نور فوولز

7 اسم‌های خاص

- [a] Charles Townes
- [b] Schawlow
- [c] Theodore Maiman
- [d] Hughes Resarch Laboratories
- [e] A. Javan
- [f] W. Bennett
- [g] D. Harriott
- [h] Bell Laboratories
- [i] L. F. Johnson
- [j] K. Nassau
- [k] General Electric Resarch Laboratories
- [l] R. Hall
- [m] C. K. N. patel
- [n] E. Bell

- [o] Spectra Physics
- [p] W. Bridges
- [q] W. Silfvast
- [r] G. R. Fowles
- [s] B. D. Hopkins
- [t] P. P. Sorokin
- [u] J. R. Lankard
- [v] W. Walter
- [w] R. Hodgson
- [x] R. Waynant
- [y] Naval Resarch Laboratories