

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

جلسه دهم

مبانی لیزر

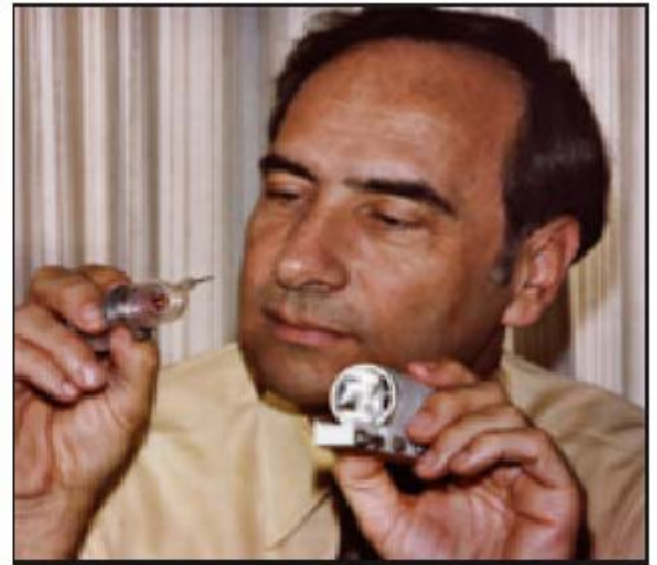
واژه **لیزر** مخفف کلمات

Light **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation

به معنی تقویت نور به روش گسیل القایی تابش است.
لیزر ابزاری است که نور را به صورت پرتوهای موازی
بسیار باریکی که طول موج مشخصی دارند ساطع می‌کند.
این دستگاه از ماده‌ای جمع‌کننده یا فعال کننده نور تشکیل شده
که درون محفظه تشدید نور قرار دارد. این ماده پرتو نور را
که به وسیله یک منبع انرژی بیرونی (از نوع الکتریسیته یا
نور³) به وجود آمده، تقویت می‌کند.

تاریخچه

در 16 مه 1960 دکتر تنودر مایمن اولین لیزر را در آزمایشگاه های شرکت هواپیمایی هیوز، در مالیبو در کالیفرنیا با موفقیت بکار انداخت.



تنودور مایمن در حالی که اولین لیزر را در دست دارد.

اولین لیزر میله ای از یاقوت مصنوعی بود که کمتر از 2.5cm طول و حدود 0.8 cm قطر داشت و درون لامپ درخشی شیشه ای مار پیچی شکلی قرار داده شده بود. دو انتهای تخت میله یاقوت به دقت صیقل و با نقره پوشش داده شده بود. ظهور ناگهانی نور در لامپ درخشی برقرار شد و پرتوی کوتاه باریک از نور قرمز لیزر، روشن تر از خورشید، از انتهای میله ی یاقوت بیرون جست. به این طریق انرژی نور مهار و لیزر اختراع شده بود.

ابزار لیزر یک نوسانگر اپتیکی است که باریکه بسیار موازی شده شدیدی از تابش همدوس را گسیل می‌کند و از سه بخش ساخته شده است:

- چشمه انرژی خارجی یا دمنده

- محیط تقویت کننده

- کاواک اپتیکی یا تشدیدگر

دمنده

دمنده یک چشمه انرژی خارجی است که **جمعیت وارون** را در محیط لیزری به وجود می‌آورد. تقویت موج نور یا میدان تابش فوتون تنها در یک محیط لیزری که در آن وارونی جمعیت بین دو تراز انرژی وجود داشته باشد روی می‌دهد. برای اینکه لیزر کار کند لازم است تعداد اتم‌های N_2 در تراز انرژی E_2 از تعداد اتم‌های N_1 در تراز انرژی E_1 بزرگتر باشد. این وضعیت را وارونی جمعیت می‌نامند.

وارونگی جمعیت

برای اینکه احتمال گسیل برانگیخته قابل توجه باشد، جمعیت اتمهای تراز بالاتر، N_2 باید از جمعیت تراز پایین تر، N_1 بسیار بیشتر باشد یعنی باید جمعیت معکوس ایجاد نماییم.

توجه کنید که ممکن نیست در تعادل گرمایی جمعیت معکوس ایجاد گردد. با افزایش دمای سیستم، N_2 به N_1 نزدیک می شود. چنانچه بتوان N_2 را بیشتر از N_1 نمود اکثر اتم های سیستم که به حالت برانگیخته می روند تمایل خواهند داشت به حالت انرژی کمتر برگردند.

بدیهی است که این تمایل با تابش فرودی بیشتر می شود بدین معنی که سیستم نه تنها فوتون فرودی را جذب نمی کند، بلکه فوتون فرودی، باعث برانگیختگی سیستم شده که با سقوط به حالت پایین تر دو فوتون تولید می شود.

برای ایجاد جمعیت وارون، اتم ها در ماده لیزری باید تحریک شوند یا به اصلاح **دمیده** شوند. یعنی از طریق یک منبع انرژی قوی، که به ماده می تابد به توزیع غیر تعادلی جمعیت دست می یابیم. فرایندی که طی آن وارونگی جمعیت صورت می گیرد را **"دمش"**⁹ می نامند.

روشهای متداول دمش به منظور دستیابی به وارونگی جمعیت

انواع منابع دمش به محیط لیزر بستگی دارد. برخی منابع
متداول دمش عبارتند از:

- نوع اپتیکی

- الکتریکی

- گرمایی

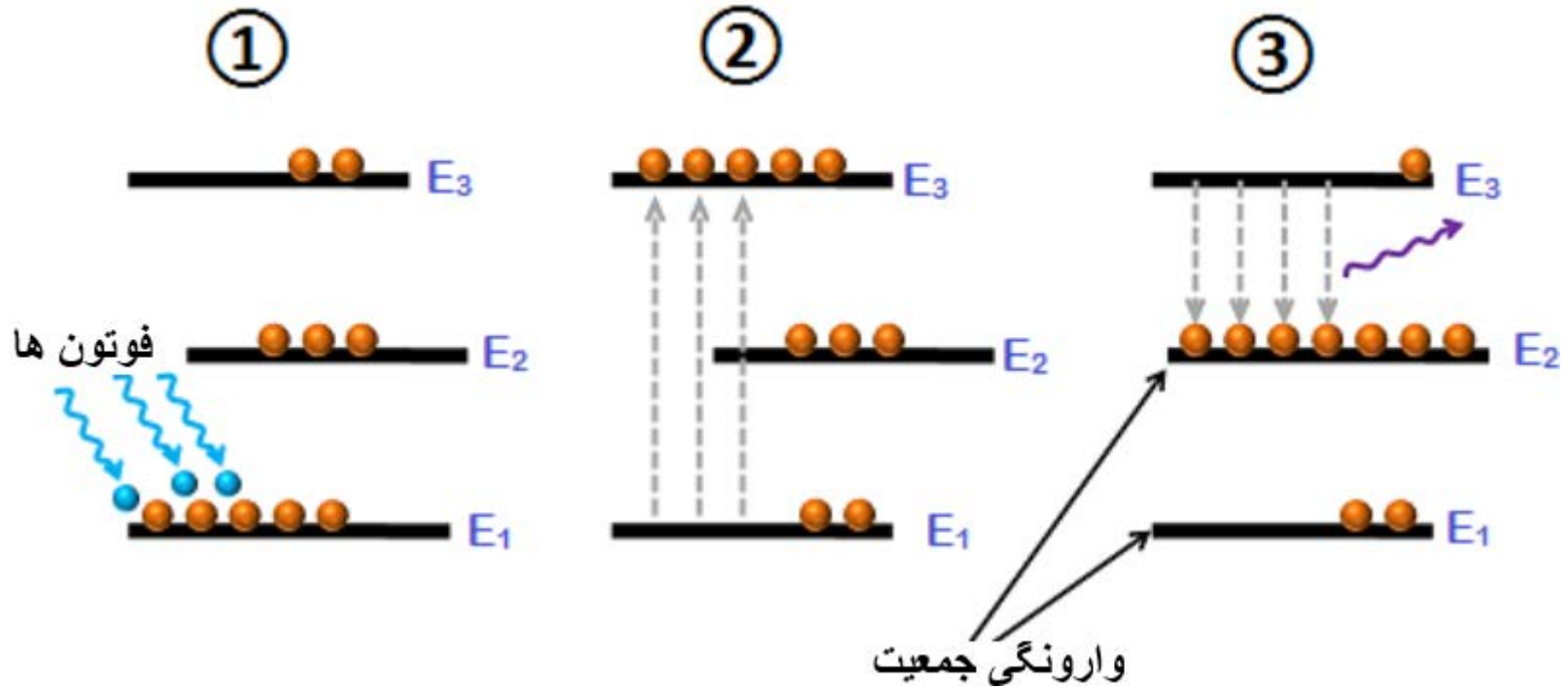
- شیمیایی

دمش اپتیکی

در این روش از یک منبع نور خارجی برای تولید الکترون های بیشتر در تراز انرژی بالاتر محیط لیزر استفاده می شود.

هنگامی که منبع نور، انرژی کافی به الکترون های تراز انرژی پایین تر در محیط لیزر وارد می کند، آن ها به حالت انرژی بالاتر (E_3) پرش می کنند. الکترون های حالت انرژی بالاتر برای مدت زیادی در آن حالت باقی نمی مانند. پس از مدت خیلی کوتاهی، آن ها با آزاد کردن انرژی تابشی کمتر به حالت انرژی پایین تر بعدی یا حالت نیم پایدار E_2 سقوط می کنند.

دمش اپتیکی



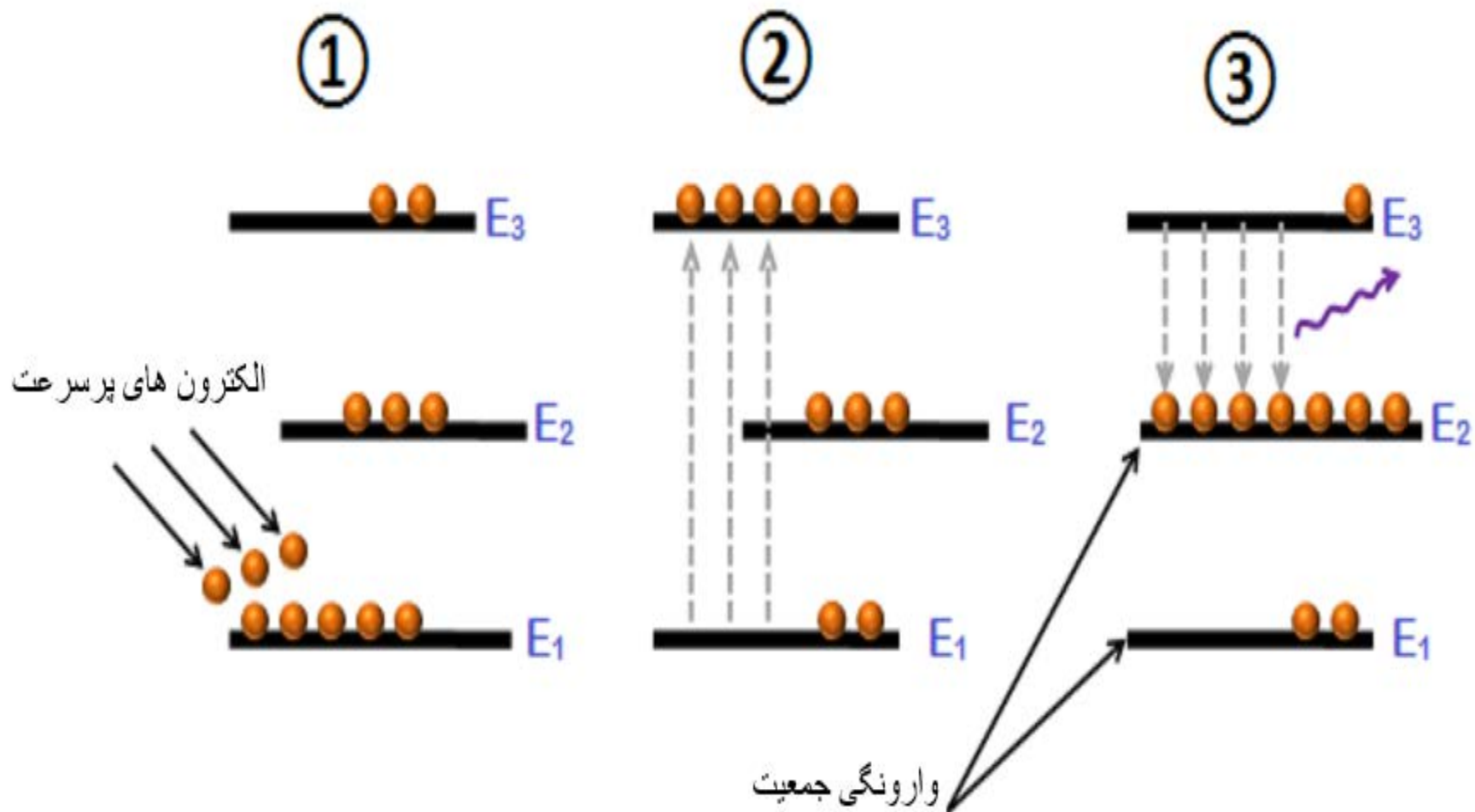
حالت نیم پایدار E_2 طول عمر بیشتری از حالت انرژی پایین تر E_1 دارد. از این رو، الکترون های بیشتری در حالت انرژی E_2 انباشت می گردد. در نتیجه، وارونگی جمعیت تحقق می یابد. از دمش اپتیکی در لیزرهای حالت جامد نظیر لیزرهای یاقوت سرخ (ruby lasers) استفاده می گردد.

تخلیه الکتریکی یا برانگیختگی توسط الکترون ها

تخلیه الکتریکی اشاره به شارش الکترون ها یا جریان الکتریکی از میان گاز، مایع یا جامد دارد.

در این روش دمش، تخلیه الکتریکی به منزله منبع انرژی عمل می کند. یک تخلیه الکتریکی ولتاژ بالا از میان محیط لیزر یا گاز عبور داده می شود. میدان الکتریکی شدید، الکترون ها را تا سرعت زیاد شتاب می دهد و آن ها با اتم های خنثی گاز برخورد می کنند. در نتیجه؛ الکترون های واقع در حالت انرژی پایین تر انرژی کافی از الکترون های خارجی را به دست می آورند و به حالت انرژی بالاتر پرش می کنند. این روش دمش در لیزرهای گاز³ نظیر لیزر آرگون مورد استفاده قرار می گیرد.

تخلیه الکتریکی

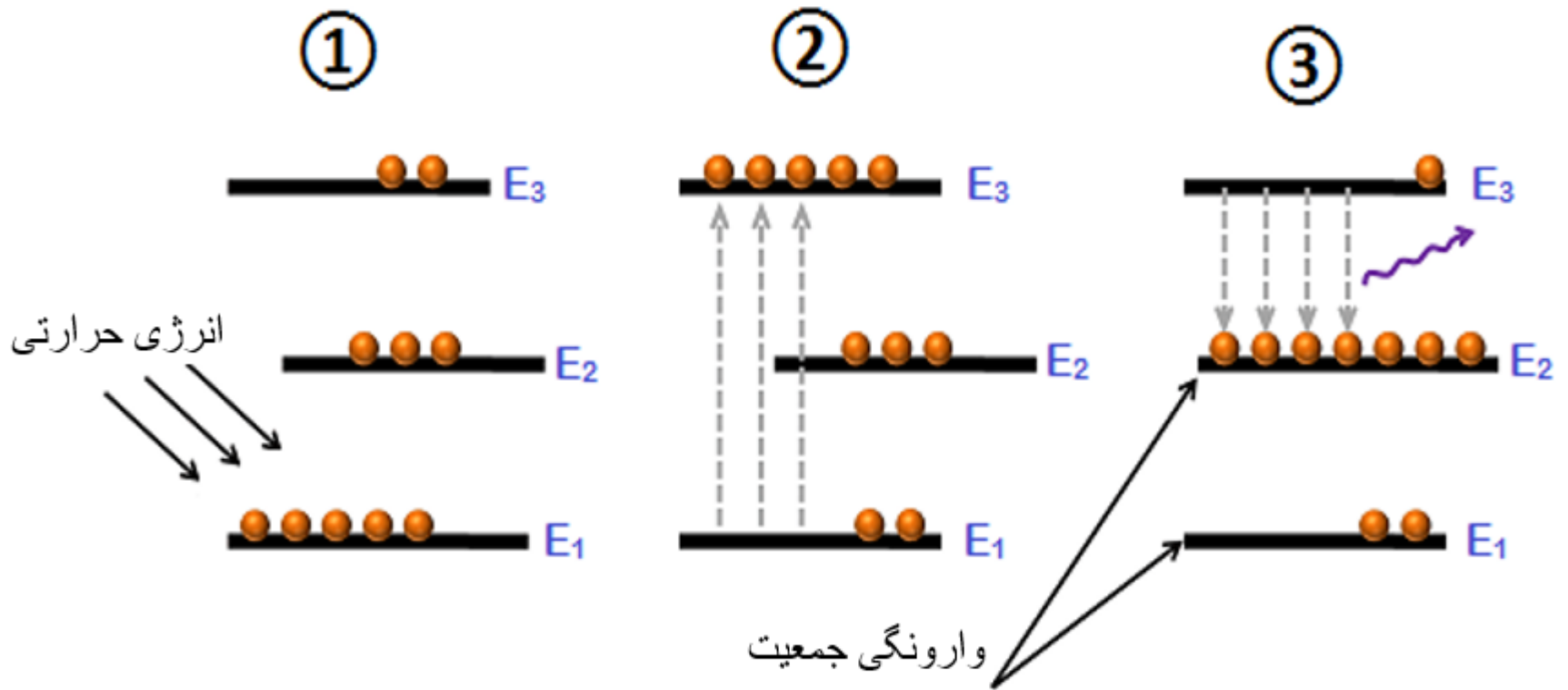


فرایند دستیابی به وارونگی جمعیت در لیزر گازی شبیه به لیزر جامد است. تنها تفاوت، منبع دمش برای تغذیه انرژی و نوع ماده یا محیط (جامد یا گاز) مورد استفاده به عنوان محیط لیزر می باشد. در لیزرهای جامد، یک منبع نور خارجی مثل لامپ آنی زنون به عنوان منبع دمش استفاده می شود در حالی که در لیزر گازی، از یک تخلیه الکتریکی ولتاژ بالا به منزله منبع دمش استفاده می گردد.

دمش حرارتی

برخی اوقات می توان وارونگی جمعیت را به کمک گرم کردن محیط لیزر فراهم نمود. در دمش حرارتی، گرما به منزله منبع دمش یا منبع انرژی عمل می کند. در این روش، وارونگی جمعیت از طریق اعمال حرارت به درون محیط لیزر انجام می پذیرد. هنگامی که انرژی حرارتی به درون محیط لیزر اعمال می شود، الکترون های حالت انرژی پایین تر به حالت انرژی بالاتر پرش می کنند.

دمش حرارتی



فرآیند دستیابی به وارونگی جمعیت در دمش حرارتی تقریباً شبیه به روش دمش اپتیکی یا تخلیه الکتریکی است، بجز اینکه در این روش، بجای تخلیه الکتریکی یا نور، از دما به عنوان منبع دمش استفاده می شود.

واکنش های شیمیایی

اگر یک اتم یا مولکول از طریق برخی واکنش های شیمیایی تولید گردد و هنگام تولید در حالت برانگیخته قرار داشته باشد، آنگاه از آن می توان برای دمش استفاده نمود. هنگامی که هیدروژن با گاز فلورین بطور شیمیایی ترکیب می شود، مولکول فلورید هیدروژن در یک حالت برانگیخته تولید می گردد. آنگاه، تعداد اتم ها یا مولکول های برانگیخته تولید شده بیشتر از تعداد اتم ها یا مولکول های حالت طبیعی می شود. در نتیجه، وارونگی جمعیت برقرار می شود.

انواع لیزرها

لیزرها را با توجه به محیط لیزر مورد استفاده به چهار گروه دسته بندی می کنند:

- لیزر حالت جامد

- لیزر گازی

- لیزر مایع

- لیزر نیمرسانا

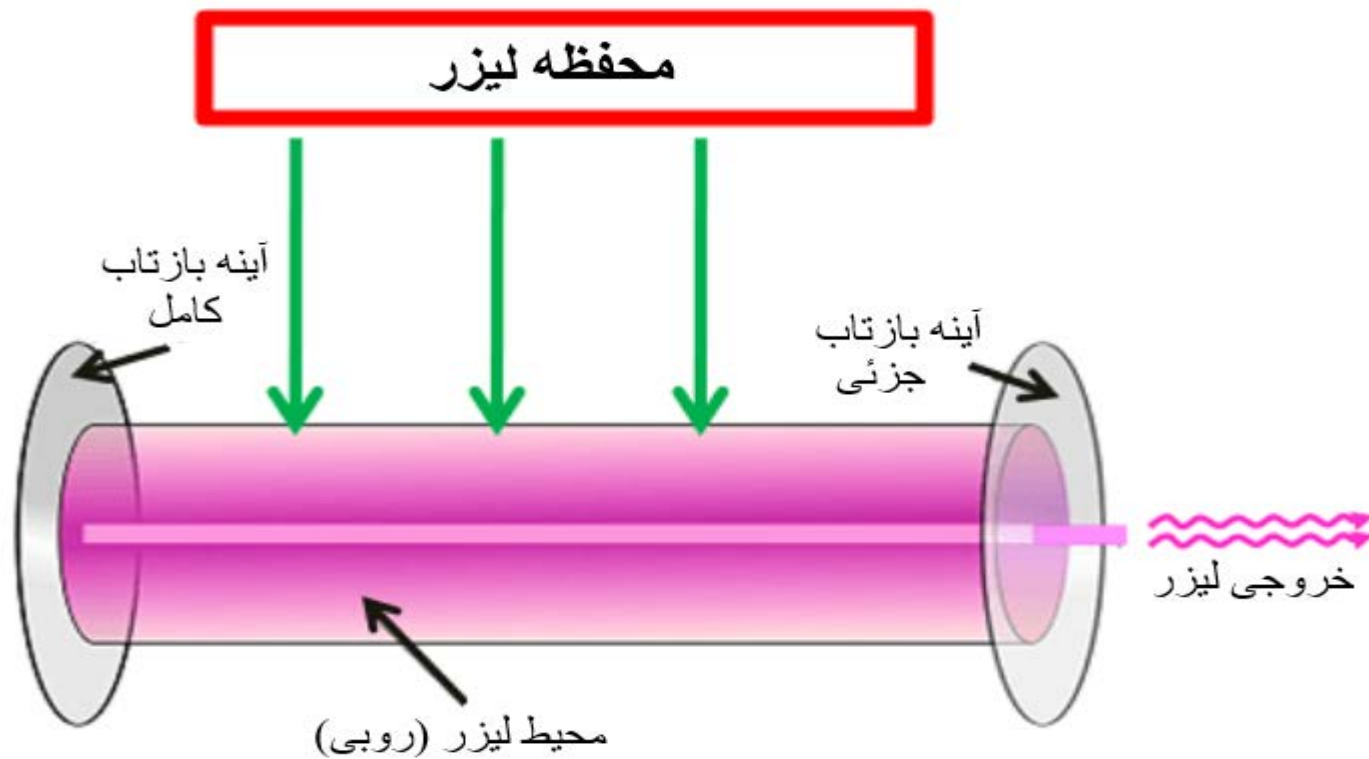
لیزر حالت جامد

یک لیزر حالت جامد لیزری است که از جامد به عنوان محیط لیزر استفاده می کند. در این لیزرها، شیشه یا مواد بلورین مورد استفاده قرار می گیرند.

یون ها به عنوان ناخالصی به داخل ماده زمینه که می تواند شیشه یا بلور باشد وارد کرده می شود. فرآیند افزودن ناخالصی به ماده آلایش نامیده می شود. عناصر خاک کمیاب نظیر سریم (Ce)، اربیم (Eu)، تربیم (Tb)، و غیره متداولترین آلاینده هایی هستند که²⁰ مورد استفاده قرار می گیرند.

از موادی نظیر سفایر (Al_2O_3)، نئوبیدیم آلئیده توسط یتریم آلومینیم گارنت (Nd:YAG)، نئوبیدیم آلئیده توسط شیشه (Nd:glass)، و یتریم آلئیده توسط شیشه به عنوان مواد زمینه محیط لیزر استفاده می شود. از میان این مواد، نئوبیدیم آلئیده توسط یتریم آلومینیم گارنت (Nd:YAG) متداول ترین ماده مورد استفاده می باشد.

اولین لیزر حالت جامد لیزر یاقوت قرمز (لیزر روبی) بود. از این لیزر هنوز در برخی کاربردها استفاده می شود. در این لیزر، از یک بلور یاقوت قرمز به عنوان محیط لیزر استفاده می گردد.



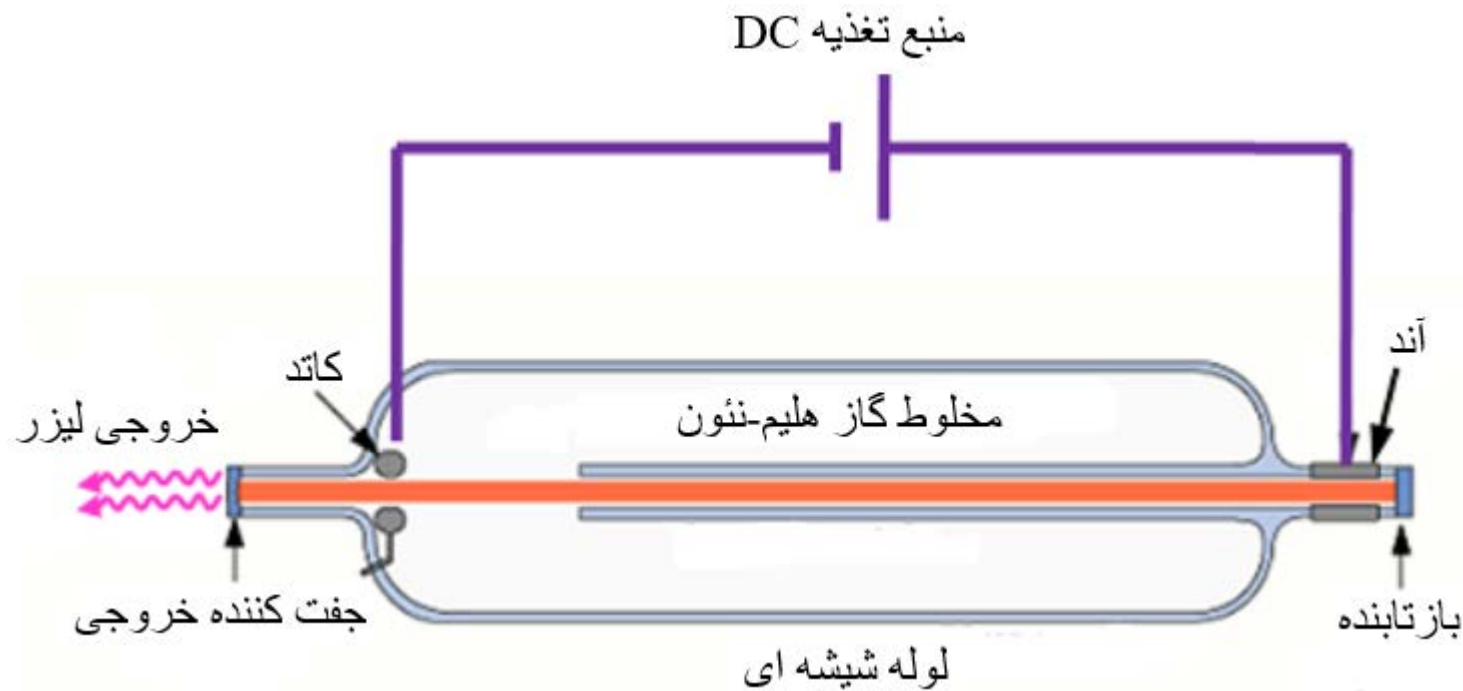
در لیزرهای حالت جامد، انرژی نور به عنوان منبع دمش استفاده می شود. منابع نور نظیر لوله فلاش، لامپ های فلاش، لامپ های قوسی یا دیودهای لیزر برای دستیابی به دمش مورد استفاده قرار می گیرند.

لیزرهای نیمرسانا به این دسته تعلق ندارند زیرا این لیزرها معمولاً بطور الکتریکی پمپ می شوند و دربرگیرنده فرایندهای فیزیکی متفاوت می باشند.

لیزرهای گازی

یک لیزر گازی لیزری است که در آن جریان الکتریکی در میان یک گاز درون محیط لیزر تخلیه می شود تا نور لیزر تولید شود. در لیزرهای گازی، محیط لیزر در حالت گازی می باشد.

لیزرهای گازی در کاربردهایی که نیاز به نور لیزر با باریکه با کیفیت خیلی بالا و طول های همدوسی بلند دارند بکار می روند.



در لیزر گازی، محیط لیزر از مخلوطی از گازها تشکیل شده است. این مخلوط درون یک لوله شیشه ای قرار داده می شود. لوله شیشه ای که با مخلوطی از گازها پر شده است به عنوان یک محیط فعال یا محیط لیزر عمل می کند.

انواع لیزرهای گازی عبارتند از: لیزرهای هلیم (He) –
نئون (Ne)، لیزرهای یون آرگون، لیزرهای دی اکسید
کربن (لیزرهای CO_2)، لیزرهای منو اکسید کربن
(لیزرهای CO)، لیزرهای اگزایمر، لیزرهای نیتروژن،
لیزرهای هیدروژن و غیره. نوع گاز مورد استفاده در
ساخت محیط لیزر طول موج یا بازده لیزرها را تعیین
می کند.

مخترع اولین لیزر گازی

پروفسور علی جوان در سال 1305 در تهران متولد شد. وی از سن ۵ سالگی شیفته ریاضیات و بازی با اعداد بود.

وی دوران دبیرستان را در دبیرستان البرز و تحصیلات دانشگاهی خود را در دانشگاه تهران انجام داد. سپس در سال 1948 به آمریکا رفت و تحصیلات خود را تا مقطع دکترای فیزیک در دانشگاه کلمبیا ادامه داد. این فیزیکدان ایرانی-آمریکایی شاگرد مستقیم چارلز هارد تاونز، برنده جایزه نوبل فیزیک 1964 بود و از اعضای آکادمی ملی علوم آمریکا محسوب می‌شد.

پروفسور جوان در دسامبر 1960 نخستین لیزر گازی دنیا را که ترکیبی از دو گاز هلیوم و نئون بود و به همین نام نیز معروف است، اختراع کرد.

این لیزر از نوع لیزرهای بی خطر به حساب می‌آید و در آزمایشگاه‌ها برای بررسی پدیده‌هایی مانند تداخل امواج کاربرد دارد.

این دانشمند ایرانی تبار که نشریه انگلیسی تلگراف در سال 2007 او را دوازدهمین انسان نخبه جهان معرفی کرد در 22 شهریورماه سال 1395 در سن 89 سالگی درگذشت.



لیزر مایع

لیزر مایع لیزری است که از مایع به عنوان محیط لیزر استفاده می کند. در لیزرهای مایع، نور انرژی لازم را به محیط لیزر اعمال می کند.

یک لیزر رنگی مثالی از یک لیزر مایع است. یک لیزر رنگی لیزری است که از یک رنگ آلی (محلول مایع (به عنوان محیط لیزر استفاده می کند. یک لیزر رنگی از یک رنگ آلی مخلوط با یک حلال تشکیل می شود. این لیزرها نور لیزر را از حالات انرژی برانگیخته رنگ های آلی حل شده در حلال های مایع تولید می کنند.

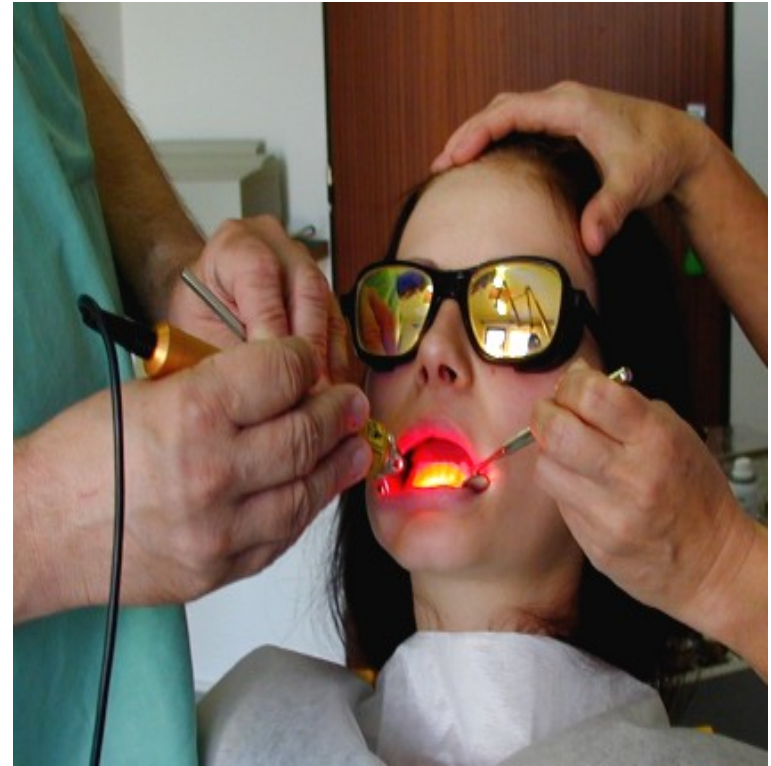
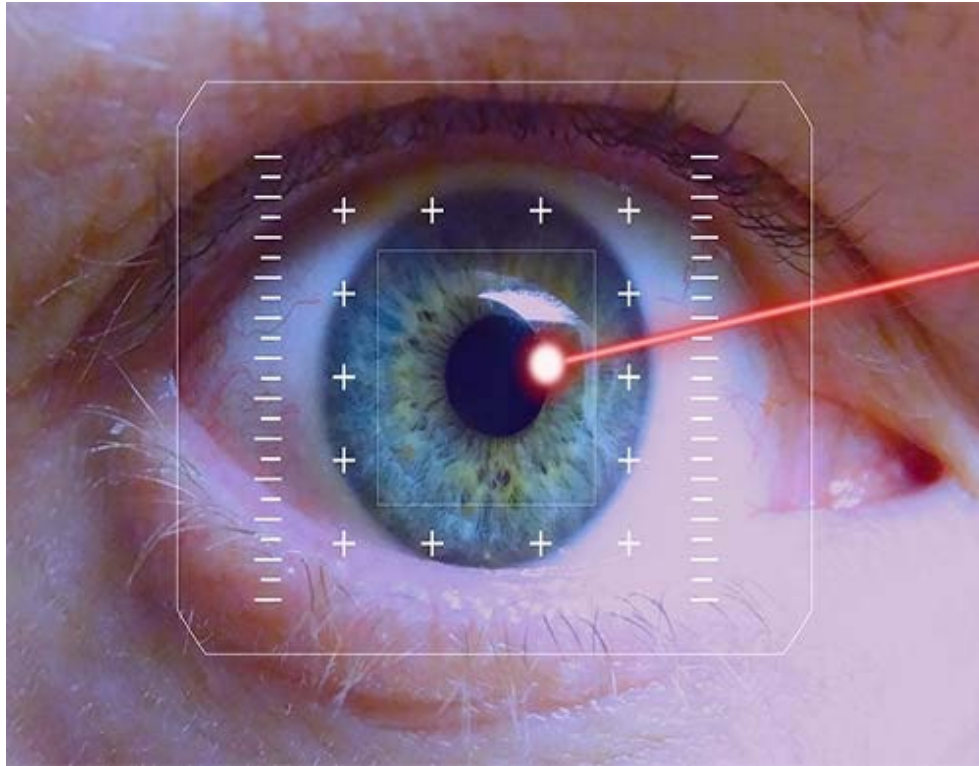
لیزر نیمرسانا

لیزرهای نیمرسانا خیلی ارزان، دارای اندازه کوچک و مصرف انرژی کمی دارند. لیزرهای نیمرسانا را دیودهای لیزری هم می نامند. لیزرهای نیمرسانا با لیزرهای حالت جامد فرق می کنند. در لیزرهای حالت جامد، انرژی نور به منزله منبع دمش استفاده می شود، درحالی که در لیزرهای نیمرسانا، انرژی الکتریکی به منزله منبع دمش مورد استفاده قرار می گیرد. در لیزرهای نیمرسانا، یک اتصال p-n از یک دیود نیمرسانا محیط فعال یا محیط لیزر را تشکیل می دهد. بهره اپتیکی در داخل ماده نیمرسانا تولید می گردد.

کاربردهای لیزر

کاربردهای پزشکی لیزرها:

- در جراحی های چشم، لیزرهای توان پایین مورد استفاده قرار می گیرد.
- ترمیم انحنای عدسی برای رفع نزدیک بینی، دوربینی و نیز درمان پیرچشمی از کاربردهای دیگر لیزر در پزشکی است.
- همچنین از لیزر به عنوان چاقوی لیزری بدون خونریزی استفاده می شود.
- این چاقو علاوه بر عدم خونریزی، بسیار تیزتر از چاقوی معمولی است و احتمال عفونت در آن صفر است.
- امروزه لیزر در درمان برخی سرطانها نیز استفاده می شود.
- یکی از کاربردهای جدید لیزر در دندانپزشکی تشخیص پوسیدگی های پنهان دندان است .



کاربردهای صنعتی لیزرها:

- با کانونی کردن لیزرهای پرتوان در نقطه‌ای روی فلزات می‌توان باعث ذوب شدن آن و در نتیجه برش یا جوش آنها و یا حتی حکاکی روی فلز یا سنگ با کیفیت بسیار بالاتر از دست شد.

- با مدوله کردن اطلاعات دیجیتالی توسط لیزرهای نیمرسانا و هدایت آن به داخل فیبرهای نوری می‌توان با سرعت فوق العاده بالایی اطلاعات را منتقل کرد.

- همچنین لیزرهای نیمرسانا بطور گسترده‌ای برای ضبط و بازخوانی اطلاعات در لوح فشرده (CD , DVD) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

- لیزرپوینتینگها که لیزرهای نیمرسانای کم‌توان می‌باشند به ارزانی در دسترس عموم قرار دارند.

- چاپگرهای لیزری یکی از بزرگترین انقلابهای صنعت چاپ می‌باشد.

- ماشینهای جدید تسطیح اراضی کشاورزی نیز از لیزر بهره می‌برند.

- اسکن لیزری که تصاویری سه بعدی از شیء مورد نظر تهیه می‌کند.

- تصویربرداری هولوگرافی نیز با لیزر صورت می‌گیرد. برجسبهای هولوگرافی نیز برای افزایش ضریب امنیت برخی کارتهای شناسایی و یا محصولات مختلف کاربرد وسیعی یافته‌اند.

- نقشه برداران نیز از لیزر در دستگاههای نقشه برداری خود استفاده می‌کنند.

لیزرها بطور گسترده ای در ساخت و تولید صنعتی مانند برش،
جوش، پوشش کاری، لحیم کاری، سخت کاری، تبخیر، عملیات
ترازی، حکاکی، کنده کاری، ریز ماشین کاری، لایه نشانی
لیزری پالسی، لیتوگرافی، اندازه گیری و غیره به کار می روند.



فروش ویژه دستگاه برش لیزر
SENFENG 1390E
فقط 16 میلیون

The image shows a blue industrial laser cutting machine, model SENFENG 1390E, in a factory setting. The machine has a large, open bed for the workpiece and a control panel on the right side. The floor is green, and there are other industrial equipment in the background. The text is overlaid on a dark blue background at the bottom of the image.

کاربردهای نظامی لیزرها:

کاربردهای نظامی لیزر همیشه عمده ترین کاربردهای آن بوده است. در حال حاضر مهمترین کاربردهای نظامی لیزر عبارت اند از:

الف) فاصله یاب های لیزری

فاصله یاب لیزری مبتنی بر همان اصولی است که در رادارهای معمولی از آن ها استفاده می شود. يك تپ کوتاه لیزری (معمولا با زمان 10 تا 20 نانوثانیه) به سمت هدف نشانه گیری می شود و تپ پراکنده برگشتی بوسیله يك دریافت کننده مناسب نوری که شامل آشکارساز نوری است ثبت می شود. فاصله مورد نظر با اندازه گیری زمان پرواز این تپ لیزری به دست می آید.

(ب) علامت گذارهای لیزری

لیزری که در يك مكان سوق الجیشی قرار گرفته است هدف را روشن می سازد. به خاطر روشنایی شدید نور، هدف به وسیله يك سلاح که ممکن است بمب - موشك - و یا اسلحه منفجر شونده دیگری که مجهز به يك سیستم احساسگر مناسب است با دقت زیاد مورد هدف گیری قرار می گیرد.

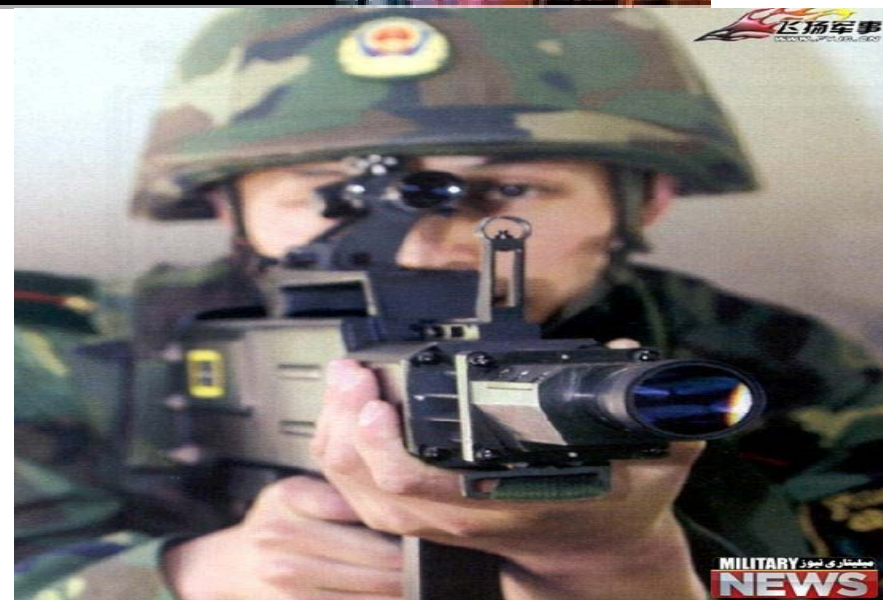
(ج) سلاح های هدایت انرژی

اکنون کوشش قابل ملاحظه ای هم در آمریکا و هم در روسیه برای ساخت لیزرهایی که به عنوان سلاحه های هدایت انرژی به کار می روند اختصاص یافته است.

يك سيستم نوري باريكه ليزر را به هدف (هواپيما - ماهواره يا موشك) هدايت مي كند تا خسارت غير قابل جبراني به وسايل احساسگر آن وارد كند و يا اينكه چنان آسيبي به سطح آن وارد كند كه نهايتا در اثر تنش هاي پروازي دچار صدمه شود. سيستم هاي ليزر مستقر در زمين به خاطر اثر معروف به شوفايي گرمائي كه در جو اتفاق مي افتد فعلا چندان عملي به نظر نمي رسند. جو زمين توسط باريكه ليزر گرم مي شود و اين باعث مي شود كه جو مانند يك عدسي منفي باريكه را واگرا سازد.

با قرار دادن ليزر در هواپيماي در حال پرواز در ارتفاع بالا و يا در يك سفينه فضايي مي توان از اين مساله اجتناب ورزید.

اطالعات موجود در اين زمينه ها به علت سري بودن آن ها اغلب ناقص و پراكنده



ملاحظات ایمنی لیزر

- امروزه پذیرفته شده است که حتی لیزرهای کم قدرت با توان خروجی فقط چند میلی وات، اگر باریکه آن مستقیماً یا پس از بازتاب از یک سطح درخشان با چشم انسان برخورد نماید می تواند خطرناک باشد. لیزرها را معمولاً با درجه ایمنی که مشخص کننده میزان خطرناکی لیزر است معرفی می کنند:

- کلاس 1 کاملاً ایمن است، معمولاً به این علت که نور در یک محفظه نظیر نمایش دهنده CD در بر گرفته شده است.

کلاس 2 در طی استفاده معمولی ایمن است؛ چشمک زدن چشم از تخریب جلوگیری می کند. معمولاً تا توان 1mW ، برای مثال نشانگر لیزری.

لیزرهای کلاس 3R (IIIa) معمولاً تا 5mW و شامل یک ریسک کوچک آسیب چشم در یک بازه چشمک زدن.

کلاس 3B می تواند به محض دریافت تابش فوراً منجر به آسیب چشم شود.

لیزرهای کلاس 4 می توانند پوست را بسوزانند و در برخی موارد حتی نور پراکنده شده می تواند سبب آسیب پوست یا چشم شود. خیلی از لیزرهای صنعتی و تحقیقاتی در این کلاس قرار دارند.

توان های اشاره شده مربوط به لیزرهای با موج پیوسته و نور مرئی می باشند. برای لیزرهای منقطع (لیزرهای تپی (پالسی)) و طول موج های نامرئی محدودیت های توان دیگری اعمال می شود. افرادی که با لیزرهای گروه 3B و 4 کار می کنند می توانند چشمشان را با عینک های ایمن که برای جذب نور یک طول موج بخصوص طراحی شده اند مراقبت کنند.

