دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تبریز

مرکز کشوری مدیریت سلامت
NPMC

عنوان دوره آموزشی:

آشنایی با لیزر و بررسی دستگاه‌های لیزر در پزشکی

بهار ۱۳۹۹

بسم الله الرحمن الرحیم

گروه هدف:

تکنسین تجهیزات پزشکی - کاردان تجهیزات پزشکی - کارشناس تجهیزات پزشکی

اهداف آموزشی:

در پایان از فراگیران انتظار می‌رود تا

- ❊ نور ، پیدایش لیزر ، ساخت لیزر ، لیزر در پزشکی
- ❊ مبانی و اصول لیزر ، طبقه بندی لیزر
- ❊ لیزر های جامد ، مایع ، گاز ، نیمه هادی ، لیزرهای پلاسما
- ❊ اصول دستگاه‌های لیزر تراپی
- ❊ نکات عملی در ارتباط با دستگاه‌ها و معرفی برخی لیزرها
- ❊ نکات ایمنی
- ❊ خطرات ناشی از پرتو لیزر را توضیح دهد.

روش و نحوه اجرای آموزش:

- ✚ مدت دوره: ۲۰ ساعت
- ✚ اجرای آموزش کتابخوانی
- ✚ نوع آزمون: کتابخوانی
- ✚ روش آزمون: الکترونیکی-کتبی

فهرست مطالب

فصل اول

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- کاربردهای لیزر درمانی ۳

۱-۳- تعریف و تاریخچه لیزر ۵

۱-۴- نور ۵

۱-۵-پیدایش لیزر ۶

۱-۶- ساخت لیزر ۸

۱-۷- لیزر در پزشکی ۱۱

۱-۸- ظهور لیزر تراپی ۱۴

فصل دوم

۲-۱- مفاهیم اولیه ۲۰

۲-۲- برخورد نور با ماده ۲۳

۲-۳- ماهیت نور و لیزر ۲۵

۲-۴- اساس تشکیل لیزر ۲۸

۲-۵- نحوه تولید لیزر ۳۲

۲-۶- خواص لیزر ۳۴

۲-۶-۱- تک فامی ۳۴

۲-۶-۲- همدوسی ۳۴

۲-۶-۳- واگرایی کم وهم راستایی ۳۵

۲-۶-۴- شدت بالا و درخشندگی ۳۵

۲-۷- طبقه بندی لیزرها ۳۵

۲-۷-۱- لیزرهای حالت جامد ۳۷

۲-۷-۲- لیزرهای مایع ۳۹

۲-۷-۳- لیزرهای گازی ۴۳

۲-۷-۴ – لیزرهای نیمه هادی ۴۶

۲-۷-۵- لیزرهای پلاسما ۴۹

فصل سوم

۳-۱- مقدمه ۵۱

۳-۲- انواع لیزرها در دستگاه‌های لیزر تراپی ۵۲

۳-۲-۱- لیزر هلیم – نئون ۵۵

۳-۲-۲- لیزر ایندیم – گالیم – آلومینیم – فسفید ۵۵

۳-۲-۳- لیزر گالیم – آلومینیم – آرسناید ۵۶

۳-۲-۴- لیزر گالیم _ آرسناید ۵۶

۳-۲-۵- لیزر گاز کربنیک ۵۸

۳-۲-۶- لیزرهای نئودینیم – یاگ ۵۸

۳-۲-۷- لیزر یاقوت ۵۹

۳-۲-۸- لیزر کریپتون ۵۹

۳-۳- شرایط انتخاب و بکارگیری دستگاه لیزر تراپی ۶۰

۳-۴- گذشته ، حال و آینده‌ی دستگاه‌های لیزر تراپی ۶۲

۳-۵- لیزر دیودی و نحوه ساخت آن ۶۳

۳-۶- انتقال انرژی در مواد نیمه هادی ۶۵

۳-۷- نحوه ساخت یک دیود لیزر ۶۹

۳-۸- شرایط آستانه ۷۲

۳-۹- ساختمان داخلی دیود لیزر ۷۳

۳-۱۰- میزان واگرایی و اندازه پرتو ۷۴

۳-۱۱- وابستگی درجه حرارت به توان خروجی ۷۶

۳-۱۲- رفتار زمانی دیود لیزر ۷۸

۳-۱۳- نحوه موازی کردن پرتو لیزر ۸۰

۳-۱۴- انواع دیود لیزر ۸۱

۳-۱۵- لیزر تراپی ۸۳

۳-۱۶- فیزیولوژی بافت و لیزر ۸۵

۳-۱۷- برهمکنش نور با بافت ۸۸

فصل چهارم

۴-۱- نکات عملی در ارتباط با انتخاب دستگاه‌ها ۹۲

۴-۲- کالیبراسیون ۹۷

۴-۲-۱- عامل های مکانیکی در به هم خوردن کالیبراسیون ۹۹

۴-۲-۲- عوامل الکتریکی در به هم خوردن کالیبراسیون ۹۹

۴-۳- معرفی چند نمونه از دستگاه های لیزر ۱۰۰

۴-۳-۱- دستگاه Mustang ۱۰۱

۴-۳-۲- پروپ KLO3 .... ۱۰۱

۴-۳-۳- پروپ KLO4 .... ۱۰۲

۴-۳-۴- پروپ LO7 .... ۱۰۲

۴-۳-۵- کلاستر MLO1K ۱۰۴

۴-۳-۶- دستگاه های لیزر قلمی ۱۰۴

۴-۳-۷- دستگاه AZOR-2K-O2 .... ۱۰۵

۴-۳-۸- معرفی کلاستر CL2 .... ۱۰۵

فصل پنجم

۵-۱- نکات ایمنی ۱۰۷

۵-۲- طبقه بندی کلاس خطر لیزر ۱۰۸

۵-۳- تقسیم بندی لیزر از لحاظ انرژی ۱۰۹

۵-۴- روش های ایمنی ۱۱۰

۵-۵- خطرات ناشی از پرتو ۱۱۱

۵-۶- خطرات چشمی ۱۱۳

۵-۷- خطرات دندان ۱۱۴

۵-۸- خطرات غیر وابسته به پرتو ۱۱۵

منابع ۱۱۶

فهرست اشکال و جداول

شکل ۱-۱- دستگاه میزر ساخته شده بوسیله‌ی چالز تانز ۷

شکل ۲-۱- ساختار اتمی شامل هسته و لایه‌های الکترونی با حداکثر تعداد الکترون‌ها در هر لایه ۲۰

شکل ۲-۲- محدوده طیف الکترومغناطیسی ۲۲

شکل ۲-۳- پدیده‌های ناشی از برخورد نور با ماده ۲۳

شکل ۲-۴- تصویری از بازتابش ۲۴

شکل ۲-۵- نمایش شماتیک فرآیندهای نشر خودبخودی و نشر القایی ۲۷

شکل ۲-۶- شمای کلی اجزاء تشکیل دهنده لیزر ۲۹

شکل ۲-۷- نحوه تشکیل لیزر ۳۳

شکل ۳-۱- شمای ساده یک دیود لیزر ۶۴

شکل ۳-۲- ساختمان اتمی کریستال ژرمانیوم ۶۶

شکل ۳-۳- شبکه کریستالی ژرمانیوم با عنصر ناخالص (اتم ایندیوم) ۶۷

شکل ۳-۴- شبکه کریستالی ژرمانیوم با عنصر ناخالص (انتیموان) ۶۸

شکل ۳-۵- جفت شدگی دو ناحیه N,P در یک دیود لیزر ۶۹

شکل ۳-۶- مراحل ایجاد پرتو لیزر در یک دیود لیزر ۷۱

شکل ۳-۷- منحنی تغییرات جریان الکتریکی در برابر توان خروجی دیود لیزر ۷۳

شکل ۳-۸- نمونه ای از واگرایی نامتقارن دیود لیزر ۷۵

شکل ۳-۹- تأثیر حرارت بر رفتار الکتریکی دیود لیزر ۷۶

شکل ۳-۱۰- تغییرات طول موج در برابر حرات در دیود لیزر ۷۷

شکل ۳-۱۱- نمای ساده یک دیود لیزر Array ۸۲

جدول ۲-۱- طبقه بندی انواع لیزر براساس عوامل مختلف ۳۶

جدول ۲-۲- اصلی‌ترین انواع لیزرهای حالت جامد ۳۸

جدول ۲-۳- اصلی‌ترین انواع لیزرهای مایع ۴۱

جدول ۲-۴- اصلی‌ترین انواع لیزرهای گازی ۴۴

جدول ۲-۵- اصلی‌ترین انواع لیزرهای نیمه هادی ۴۸

جدول ۳-۱- نمونه لیزرهای مورد استفاده در پزشکی ۵۳

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه

کلمه لیزر از حروف اول عبارت

Light Amplification by Sitmulated Emission of Radiation

تشکیل شده است . امروزه علم استفاده از لیزرهای کم توان بسیار گسترده شده و به نام لیزر درمانی یا Low Level Laser Therapy (LLLT) شناخته می‌شود .

تاثیر لیزرهای کم توان، گرمایی و تخریبی نبوده، بلکه به صورت فتوشیمیایی است. فوتون وارد بافت شده، در میتوکندری‌ها و غشای سلولی جذب شده، انرژی نوراتی به انرژی شیمیایی (به صورت ATP) تبدیل شده و ATP منجر به تحریک و پرولیفراسیون سلولی می‌شود. نفوذ پذیری غشای سلولی تغییر می‌کند و منجر به تغییرات فیزیولوژیک می‌شود. این تغییرات ماکروفاژها ، فیبروبلاست‌ها، سلول‌های اندوتلیال، ماست‌سل‌ها، برادی‌کینین و سرعت هدایت عصبی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. در واقع لیزرهای کم توان اثر تنظیمی بر روی فعل و انفعالات حیاتی (Biomodulatory Effect) دارند (به همین علت لیزر سرد نیز نامیده می‌شوند) با مطالعات و تحقیقاتی که در سراسر دنیا بر روی لیزر تراپی انجام می‌شود کاربردهای درمانی این روش طیف وسیعی از ترمیم بافت و التیام زخم تا کاهش درد را در بر می‌گیرد. این امر بیانگر اهمیت طول موج، دوز درمانی و فرکانس های انتخاب شده است.

طول موج‌های قرمز (۷۰۰- ۶۰۰ نانومتر) و مادون قرمز (۷۰۰ نانومتر به بالا) نورهای اصلی در لیزر تراپی هستند. عمق نفوذ اشعه لیزر به بافت برای تحریک فیزیولوژیک سلول‌ها و بافت ، به طور موج اشعه بستگی دارد. تنها ۵ درصد شدت نور قرمز، قابلیت نفوذ به بافت زیر جلدی داشته و بیشتر آن در سطح جذب می‌شوند. بنابراین از نور قرمز بیشتر در سطح (مانند بیماری‌های پوستی و نظیر آن) استفاده می‌شود. اما در مورد لیزرهای مادون قرمز ۲۰ درصد شدت اشعه به بافت زیر جلدی می‌رسد و در نتیجه در درمان مفاصل ، عضلات ، کاهش درد و ... کاربرد دارد.

۱-۲- کاربردهای لیزر درمانی

اشعه لیزر پس از تابش و رسیدن به سطح داخل سلول دارای اثراتی است. از جمله تنظیم و متعادل ساختن:

- متابولیسم سلولی
- تولید کلاژن
- حرکت و دگرانولاسیون ماست‌سل‌ها
- حرکت و فعالیت ماکروفاژها
- ساخت فیبروبلاست ها (از جمله باز جذب فیبرین)
- پروتئین سازی
- تولید ADP-ATP
- تغییر نفوذ پذیری و پتانسیل غشای سلولی و تحریک پمپ سدیم / پتاسیم و در نهایت برداشت بیشتر کلسیم
- وازودیلاتاسیون (خون غنی از اکسیژن)
- آنژیوژنز (بهبود تغذیه بافتی)
- پاسخ‌های سیستمیک
- افزایش سیر کولاسیون اکسیژن و بهبود مصرف گلوکز
- ساخت DNA (از طریق تحریک فیتوهماگلوتینین)
- تحریک فاگوسیتوز
- تغییر سطوح مدیاتورها (هیستامین و پروستاگلاندین‌ها) یا اندروفین ها
- آزاد سازی اندروفین‌ها
- افزایش متابولیسم سراتونین (در کاهش درد)
- سرکوب فعالیت نوسی سپتورها (Nociceptor)
- با توجه به اثراتی که در بالا اشاره شد می‌توان به برخی از کاربردهای لیزر کم توان در درمان بیماری‌های مختلف اشاره کرد:

- التیام زخم (از جمله زخم‌های فشاری و یا عفونی)
- ترمیم آسیب‌های بافت نرم (هماتوم ، ضرب دیدگی‌ها ، درد و...)
- بیماری‌های پوستی (سوختگی ، خراشیدگی ، اگزما ، آکنه ، هرپس و ...)
- کاهش درد (حاد و مزمن) و اثرات ضد التهابی
- بیماری‌های روماتولوژیک یا فیزیوتراپی (تاندونیت ، بورسیت ، کپسولیت ، آرتریت و ...)
- تحریک نقاط طب سوزنی با استفاده از اشعه لیزر به جای سوزن
- افزایش قدرت کشش بافت آسیب دیده پس از ترمیم (TensileStrength)
- متعادل ساختن کلاژن و کاهش اندازه اسکار به دنبال بریدگی، سوختگی و یا جراحی.
- تحریک و تقویت سیستم ایمنی بدن
- کمک به مقابله با عفونت
- بهبود فونکسیون عصب (ترمیم تدریجی اعصاب آسیب دیده یا حتی قطع شده)

۱-۳- تعریف و تاریخچه لیزر

در دوران تمدن یونان – روم (تقریباً از ۶ قرن پیش از میلاد تا قرن دوم میلادی)، لیزر به خوبی شناخته شده بود. لیزر، گیاهی خودرو (احتمالاً از رده گیاهان چتر) بود که در ناحیه وسیعی در اطراف سیرن (لیبی امروز) می‌رویید. این گیاه در مواردی نیز «لیزر پیتیوم» نامیده شده است.

لیزر برای درمان بسیاری از بیماری‌ها از ذات الریه گرفته تا تعدادی از بیماری‌های واگیردار بکار می رفت و پادزهر موثری برای مارگزیدگی، عقرب گزیدگی و نیش پیکان‌های زهر آلود دشمن محسوب شده است. به نظر می‌رسد که این گیاه در حدود قرن دوم میلادی کاملاً از بین رفته باشد. از آن زمان تا کنون با وجود کوشش‌های بسیار، کسی موفق نشده است لیزر را در صحراهای جنوبی سیرن پیدا کند.

لذا به نظر می‌رسد که این لیزر طبیعی به صورت گنجیه گمشده تمدن یونان – روم در آمده باشد .

با این مقدمه باستانی ،که شاید تنها از نظر کلامی و برخی کاربردها با مفهوم جدید « لیزر» شباهت داشته باشد، تاریخ تولد لیزر را از نور آغاز می‌کنیم .

۱-۴- نور

این سوالی است که احتمالاً پیشینیان ما هزاران سال پیش از خود می‌پرسیدند. پاسخ این سئوال در طول سالیان دراز و همراه با پیشرفت علوم و دانش انسان (به تدریج از زمان اعتقاد به خدایان روشنایی تا لیزر)، بدست آمده است. البته، همواره جنبه‌های تاریکی در توضیح ماهیت نور وجود داشته است که حتی هنوز هم بطور کامل مشخص نشده اند. لذا هرگاه انسان اطلاعات جدیدتری از ماهیت و خواص نور بدست می آورد، تعریف جامع‌تری برای آن ارائه می‌کند.

در دوران قدیم، بسیاری از جوامع بشری خدایان خورشید را مسئول سلامتی و بهبود می‌دانستند. از همین رو ، فنیقی‌های دوران باستان ، « بال » را به عنوان خدای خورشید و سلامتی می‌پرستیدند.

یونانی‌ها نیز « هلیوس » خدای نور ،خورشید و بهبودی را به علت تاثیرات منحصر بفردش ستایش می‌کردند و عبارت « هلیوتراپی » از همین کلمه اقتباس شد . نور درمانی را نیز مصریان باستان انجام می‌دادند. آنان در سال ۴۴۰ پیش از میلاد ، از تاثیرات تسکینی نور بر زخم‌ها ، شکستگی‌ها و درمان آبله استفاده می‌کردند.

یونانی‌ها ، نخستین کسانی بودند که کوشیدند طبیعت نور و چگونگی دیدن را توضیح دهند .پس از ظهور علوم تجربی ، دو نظریه درباره‌ی ماهیت نور مطرح شد . یکی از آنها ، نظریه‌ی ذره‌ای نیوتن بود که نور را متشکل از باریکه‌ای از ذرات می دانستند که تابع قوانین حرکت می‌باشند و دیگری ، نظریه موجی بود که طبیعت موجی را برای نور پیشنهاد می‌کرد .

تفکر در خصوص لیزر ، در اواخر قرن ۱۹ و اوایل قرن ۲۰ میلادی و بر مبنای فیزیک کوانتومی پایه گذاری شد. در آغاز دانشمندانی نظیر «بور» و «پلانک» تئوری‌هایی مطرح کردند که در ادامه توسط نابغه قرن، « آلبرت اینشتین»، تکمیل شد. «اینشتین» در سال ۱۹۱۷ ،اصل و جوهره پیچیده نور را به عنوان یک سیستم الکترودینامیکی در مقاله‌اش تحت عنوان « تئوری کوآنتومی تشعشع » بیان کرد. این کشف که بر پایه تئوری‌های کوانتومی استوار بود ، به این موضوع می‌پرداخت که تابش نور را می‌توان بسته‌های گسسته انرژی (به‌نام فوتون) به حساب آورد که در آن هر فوتون دارای انرژی خاصی (مطابق با فرکانس امواج آن بسته) می‌باشد .

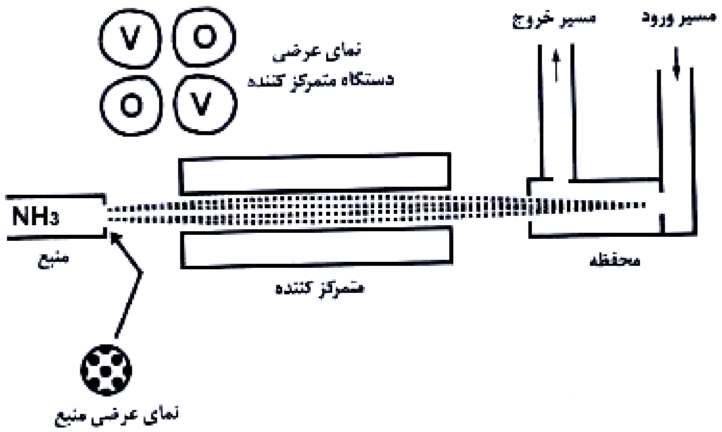
« اینشتین » ، نظریه وجود فوتون‌ها و گسیل‌ها» را بر اساس پدیده نشر برانگیخته (گسیل القایی یا تحریک شده) مطرح کرد، اما این موضوع مدت‌های طولانی تنها در یک کنجکاوی در آزمایشگاه باقی ماند و تا دهه‌ی پنجاه، هیچ کس پتانسیل باور نکردنی این مفهوم را درک نکرد. اما سرانجام، با تحقیقات کاربردی براساس این نظریه ، امکان استفاده از آن و تولید «میزر» و به دنبال آن لیزر ، فراهم شد .

۱-۵- پیدایش میزر

ایده اولیه پدیده لیزر توسط « اینشتین» مطرح شد و پس از او در سال ۱۹۴۰، دانشمندی روسی به نام « فابریکانت » در رساله دکتری خود ، تولید تابش‌های تقویت شده را به اثبات رساند . سپس در سال ۱۹۵۴، « چالز تانز » فیزیکدان دانشگاه کلمبیا ، با استفاده از گاز آمونیاک در ناحیه مایکروویو ، موفق به ساخت « میزر» شد که این نخستین کاربرد برای پدیده گسیل القایی محسوب می‌شد (شکل ۱-۲) این پدیده تقریباً بطور همزمان در آمریکا و شوروی بررسی شد اما درهر حال ، میزر همواره با نام « چالز تانز » همراه می‌باشد ؛ زیرا

این ام را او و براساس حروف اول کلمات "Microwave Amplification by the Stimulated Emission of Radiation" برای این پدیده برگزید .

«تانز» می‌گوید ایده میزر ، پیش از تشکیل جلسه « انجمن فیزیک آمریکا » و در یک صبح بهاری در سال ۱۹۵۱ در زمانی که روی نیمکتی در پارکی واقع در واشنگتن نشسته بود ، در ذهنش جرقه زد . او ایده خود را برای « هربرت زیگر » و « جیمز گوردون » و «نیکلای باسوف » در « موسسه‌ی فیزیک لبدوف » در مسکو ، محاسبات دقیقی به منظور تعیین شرایط مورد نیاز جهت عملکرد میزر انجام دادند و مدت کوتاهی پس از ارائه گزارش « تانز » ، نتایج خود را منتشر کردند . سهم این افراد به همراه « تانز » در عرضه‌ی میزر ، در سال ۱۹۶۴ با اهدای جایزه نوبل فیزیک به این سه تن، به رسمیت شناخته شد .


مسیر ورود
مسیر خروج
V
O
O
V
نمای عرضی
دستگاه متمرکز کننده
NH_3
منبع
متمرکز کننده
محفظه
نمای عرضی منبع

شکل ۱-۱- دستگاه میزر ساخته شده بوسیله‌ی چالز تانز

۱-۶- ساخت لیزر

پس از ساخت میزر « تانز » و دیگر فیزیکدانان ، به فعالیت در محدوده طول موج‌های کوتاه‌تر از مایکروویو (محدوده مرئی و مادون قرمز) پرداختند . آنان دریافتند که برای تولید گسیل القایی در این محدود جدید ، شرایط فیزیکی در مقایسه با میزر ،مشکل‌تر می‌باشد . در نهایت ، « تانز » و «آرتور شاولو» در سال ۱۹۵۸ با چاپ مقاله‌ای جامع ،تفاوت‌های کار درمحدوده مرئی و و مایکروویو را مشخص کردند .

در همین سال‌ها « گوردن گلد » دانشجوی دکترای دانشگاه کلمبیا ، به فعالیت در زمینه تعیین شرایط و امکانات مورد نیاز برای گسیل القائی ، در ناحیه طول موج مرئی پرداخت و نتایج کار خود را در سال ۱۹۵۷ در دفترچه‌ای یادداشت کرد ؛ اما تلاشی در جهت چاپ این نتایج به عمل نیاورد . او پس از مدتی سعی کرد تا کار خود را به ثبت برساند . لذا به سرعت یادداشت‌های خود را برای ثبت رسمی ارائه داد .

اما علت مشاوره حقوقی نادرست ، این کار تا اوایل سال ۱۹۵۹ (۹ ماه پس از ثبت فعالیت تانز و شاولو) انجام نشد. با وجود این « گلد » نخستین کسی بود که در یادداشت‌های خود ، کلمه « لیزر » را بکار برد در حالی که « تانز» و « شاولو» ایده خود را تحت عنوان « میزر نوری » توصیف کرده بودند .

به انتشار نتایج کار « تانز » و « شاولو» ، مسابقه‌ای برای ساخت لیزر آغاز شد . شرکتی به نام TRG با همکاری « گلد » توانست با ارائه پیشنهاد برای ساخت لیزر به « پنتاگون » یک میلیون دلار برای این کار دریافت کند .« شاولو » ، « گلد » و بیشتر محققان تصور می‌کردند که گازها ، بهترین مواد برای ساخت لیزر می‌باشند ، اما فیزیکدان جوانی به نام « تئودور میمن » در « آزمایشگاه تحقیقاتی هاگز » در کالیفرنیا با این عقدیه موافق نبود . او از کریستال‌های « یاقوت مصنوعی » برای ساخت لیزر استفاده کرد ؛ علی رغم این که نظریه‌های موجود ، کاربرد این ماده را تایید نمی کردند . در نهایت او توانست در اواسط سال ۱۹۶۰ ، نخستین لیزر جهان را با استفاده از میله یاقوت مصنوعی بسازد. این لیزر (لیزر یاقوت) ، از نوع « لیزر جامد » و با نور قرمز رنگ بود . بدین ترتیب ، « عصر لیزر» آغاز شد .

مسیر « میمن » برای ساخت وارائه این لیزر ساده نبود مدیر آزمایشگاه « هاگز » پس از مدتی فعالیت «میمن»، از او خواست تا کار روی لیزر یاقوت را متوقف کند . مجله معتبر "Physical Review Letters" نیز

گزارش او را تحت این عنوان که میزر دیگری ساخته شده است ، رد کرد . اما سرانجام مطلب کوتاهی از کار «میمن» در مجله "British Journal Nature" درسال ۱۹۶۰ به چاپ رسید و او به عنوان نخستین سازنده لیزر معرفی شد .

خبر ساخت نخستین لیزر به سرعت در سراسر جهان طنین انداز شد و در مدت کوتاهی ، لیزرهای مختلف با طول موج‌ها و مواد فعال مختلف به بازار عرضه شدند . پیش از پایان سال ۱۹۶۰ ، دومین لیزر حالت جامد توسط « پیتر سوروکین » و « استیونسون » در شرکت IBM از ماده فلوریدا کلسیم حاوی یون‌های سه ظرفیتی اورانیم ساخته شد ؛ اما این لیزر هرگز کاربرد مهم و عمده‌ای پیدا نکرد . پس از آن ، نخستین لیزر گازی جهان (لیزر هلیم – نئون) توسط پروفسور ایرانی ، « علی جوان» ، با همکاری « بنت » و « دونالد هریوت » در «آزمایشگاه تلفن بل » در نیوجرسی آمریکا در دسامبر سال ۱۹۶۱ متولد شد (شکل ۱-۴) این لیزر در محدوده مادون قرمز نزدیک عمل می‌کرد . پس از « علی جوان » ، نوع دیگری از این لیزر توسط دیگر محققان در محدوده نور قرمز ساخته شد . در سال ۱۹۶۱ ، « جانسون » و « ناسو» ، لیزر حالت جامد « نئودیمیم» را از ماده « تنگستات کلسیم » به عنوان ماده میزبان حاوی یون‌های « نئودیمیم» تولید کردند و به دنبال آن نیز در همین سال ، « الیاس اسنیتزر »، نخستین لیزر « نئودیمیم – شیشه » را ساخت . سه سال بعد ، « گسیک » ، « مارکوس » و « ون اوترت » ، لیزر « نئودیمیم – یاگ» را ابداع کردند که امروزه یکی از پر مصرف‌ترین انواع لیزر در کاربردهای تجاری است .

در پاییز ۱۹۶۲ ، نخستین « لیزرهای نیمه هادی » را « رابرت هال » و همکارانش و دو گروه مستقل دیگر ارائه کردند . این سه تیم در « آزمایشگاه تحقیقات جنرال الکتریک » ، «مرکز تحقیقات واتسن IBM » و « آزمایشگاه لینکلن MIT» توانستند به سرد کردن دیودهای « آرسنید گالیم » در نیتروژن مایع ، لیزر نیمه هادی تولید کنند . در سال‌های بعد ، برخی از مهم‌ترین لیزرهایی که در حال حاضر مورد استفاده می‌گیرند ، ساخته شدند .

« ویلیام بریج » در سال ۱۹۶۴، اساس « لیزر آرگون » را پایه ریزی کرد . در همین سال ، « کومار پتل » نخستین « لیزرگاز کربنیک » را ساخت که امروزه یک اسب کاری نیرومند در صنایع بکار گرفته می‌شود .

نخستین « لیزر شیمیایی » را « کاسپار » و « پیمنتل » در سال ۱۹۶۵ از کلرید هیدروژن تولید کردند . « سوروکین » و « لانکارد » نیز در « مرکز تحقیقات واتسن IBM» در سال ۱۹۶۶، نخستین « لیزر رنگی» را از مواد آلی ساختند .

دهه ۶۰ با رشد ناگهانی و سریع ساخت انواع لیزر همراه بود ، اما این سرعت در دهه‌ی ۷۰ کاهش یافت . مهم‌ترین ابداعات در این سال ها ، ساخت « لیزرهای اگزایمر » و « لیزر الکترون آزاد » بود . در لیزرهای اگزایمر اولیه ، از تحریک اتم‌های گاز خنثی ،در حین اتصال به یکدیگر و تشکیل مولکول ، استفاده می‌شد ؛ اما از اواسط دهه ۷۰، علاقه به ترکیب‌های هالیدی گازهای کمیاب افزایش یافت . امروزه این لیزرها بخش عمده‌ای از تجارت لیزر را تشکیل می‌دهند . لیزر الکترون آزاد را نیز در سال ۱۹۷۵، « جان مدی » در دانشگاه « استانفورد » ساخت . اما این لیزر تا مدت‌ها به صورت آزمایشگاهی باقی ماند .

امروزه این لیزر بیشتر کاربرد نظامی دارد و در مواردی نیز برای اهداف پزشکی به کار می رود .

در دهه ۸۰ با انجام تحقیقات گسترده‌ای ، امکان تولید لیزر اشعه ایکس فراهم شد . در نمونه‌ای از آزمایش‌های انجام شده در این خصوص (در سال ۱۹۸۴) ، اشعه ایکس حاصل از انفجار یک بمب هسته‌ای ، سبب گسیل القائی اشعه ایکس از مواد مورد نظر شد که البته جزئیات این آزمایش‌ها به علت کاربردهای نظامی آن ، مشخص نمی‌باشد . در دهه‌ی اخیر نیز تولید لیزر ماوراء بنفش دور و در سال ۱۹۹۳، وجود لیزر "Gas Contact Plasma" گزارش شده است . علاوه بر این ،از سال ۲۰۰۰ به بعد هم تحقیقات گسترده‌ای در زمینه لیزرهای نظامی بسیار قدرتمند در حال انجام می‌باشد .

همانگونه که گفته شد ، ساخت لیزر به دست بشر به سال ۱۹۶۰ و ایده آن به سال ۱۹۱۷ باز می‌گردد اما در فضا نیز لیزر کشف شده است که « لیزر طبیعی » نامیده می‌شود . لیزر مایکروویو (میزر) ، در سال ۱۹۶۵در سحابی « اُریون) و فعالیت لیزر در شبه ستاره‌ها در سال ۱۹۷۳ کشف شد . پس از آن ، در ۱۹۷۹ لیزر مادون قرمز نزدیک در سحابی « اُریون » . در ۱۹۸۱ لیزر دی اکسید کربن در اتمسفر مریخ و زهره ، در ۱۹۹۵ لیزر مادون قرمز دور و بالاخره در ۱۹۹۶، لیزر ماوراء بنفش توسط تلسکوپ فضایی « هابل » شناسایی شد .

در مجموع از نظر تاریخی ، می‌توان لیزر را در سه مقطع معرفی کرد : لیزر در عهد باستان (لیزر طبیعی در قالب گیاهی خودرو) ، لیزر در قرن بیستم (لیزرهای ساخت دست بشر) و لیزرهای طبیعی جدید (لیزر در فضا) امروزه لیزر معنای کاملاً متفاوتی با لیزر عهد باستان دارد ،اما همین لیزرهای جدید در برخی کاربردها ،بخصوص در پزشکی ، مشابه لیزر عهد قدیم می‌باشند . لذا می‌توان گفته‌ی « پلینی » را در قرن اول میلادی برای گیاه لیزر ، به دستگاه‌های لیزری جدید نیز عمومیت داد . او می گوید « لیزر از اعجازآمیز ترین موهبت‌های طبیعت است که برای مصارف گوناگون سودمند می‌باشد ».

۱-۷- لیزر در پزشکی

پیش از پرداختن به تاریخچه بکارگیری لیزر در زمینه پزشکی لازم است کمی به عقب برگشته و تاریخچه تاثیرات تابش بر سیستم‌های بیولوژیک را بررسی کرد . در سال ۱۹۲۳، « الکساندر گورویش » ، بیولوژیست روسی ، پدیده تابش در کرم‌های شب تاب را محور تحقیقات علمی خود قرار داد و بر این اساس ، کشف بنیادی خود را به نام « پدیده القاء بیولوژیکی » منتشر کرد . این پدیده القاء یک فرآیند بیولوژیکی را از یک گونه به گونه‌ای دیگر توصیف می‌کرد . مشاهدات « گورویش » حاکی از این حقیقت بود که سلول‌های زنده نوعی تابش الکترومغناطیسی غیر گرمایی از خود ساطع می‌کنند که از لحاظ طول موج بسیار نزدیک به اشعه ماوراء بنفش می‌باشد . به عبارت دیگر ، نور متصاعد شده از یک سیستم بیولوژیکی ، شدت بسیار کمی دارد ولی می‌تواند در صورت جذب شدن ،منجر به ایجاد فرآیندهای بیولوژیکی مهمی نظیر « میتوز » شود . او این پدیده را « تابش میتوژنتیک » نامید .

« گابور » و « ریتر » امکان ایجاد تابش میتوژنتیک مصنوعی را مورد بررسی قرار دادند . آنها مشخص کردند که طور موج‌های ۳۴۰-۲۸۰ نانومتر ، تاثیر عمده‌ای در تقسیم سلولی دارند علاوه بر این ، سبب افزایش تولید RNA، که اختصاص به سنتز پروتئین دارد ، سنتز DNA و اتصال آنها در فاز S می‌شود .

مثال‌های دیگری نیز مبنی بر تاثیر مثبت نور در بافت‌های مختلف انسانی وجود دارد که همگی بیانگر اثرهای مورفولوژیک نور بر سیستم‌های مختلف بیولوژیکی می‌باشند لیزر در مقایسه با اشعه ایکس و ماوراء بنفش (که

قادر به القاء فرآیندهای جدید نمی‌باشند و تنها بر فرآیندهای موجود اثر کاهنده دارند) روی مواد بیولوژیکی نظیر هورمون‌ها ، ویتامین‌ها و یا برخی عناصر ، به میزان جزئی تاثیر می‌گذارد .

تحقیقات بیولوژیکی نشان می‌دهند که بکارگیری لیزر ، امکانات و افق‌های جدیدی در پزشکی خواهد گشود . این سیستم باعث ایجاد ساختارها و واکنش های جدید در بافت زنده می‌شود . طی سال‌های مختلف ، مطالعات و بررسی‌های متعددی در زمینه تابش اشعه لیزر بر بافت‌های سلولی و ارگان‌های مختلف انسان صورت پذیرفته است که درادامه ، به برخی ازمهم‌ترین آنها به اجمال اشاره می‌شود :

در سال ۱۹۶۰ ، « این جوشین » از دانشکده بیولوژی « آلما آتا »، آزمایش‌هایی را با لیزر آغاز کرد .

« گلدمن » ،جنبه‌های « بیومدیکال » لیزر را گزارش کرد و در آن به بحث در خصوص تغییرات عملکرد سلول در اثر نور پرداخت .

« بساترا » و « آبراگل » ، سنتز کلاژن را با تابش لیزر هلیم – نئون انجام دادند .

« کوباسوا » ، ثابت کرد که غشاء سلولی بعد از تابش لیزر دچار تغییر شده و پلاریزاسیون منفی ایجاد می‌شود .

«لین» و همکارانش مشاهده کردند تابش لیزر بر تخمک موش به علت اثرهای « سیتواستاتیک » می‌تواند باعث تغییرات کروموزومی شود .

این تحقیقات نشان داد که لیزر با ویژگی‌های منحصر به فرد خود می‌تواند زمینه ساز کاربردهای فراوانی در حوزه‌های مختلف پزشکی باشد . یک سال پس از دست‌یابی « میمن » به لیزر ، « گلدمن » نخستین آزمایشگاه طبی لیزر را در دانشگاه « سینسیناتی » تاسیس کرد . او نخستین پزشکی بود که لیزر یاقوت را در پزشکی بکار گرفت . در طول سال ها ، او و دیگر محققان ، توانایی انواع مختلف لیزرها را در برش ، انعقاد ،جداسازی و تبخیر بافت‌های بیولوژیک به اثبات رساندند .

از دیدگاه تاریخی ، لیزر نخست در چشم پزشکی و سپس توسط متخصصان پوست بکارگرفته شد. درسال ۱۹۶۱، نخستین مطالعات تجربی در زمینه اثر نور لیزر بر چشم توسط « زارت » انتشار یافت و پس از آن «کمپبل» در سال ۱۹۶۳ و « زونگ » در سال ۱۹۶۴ ،توانستند تعدادی از بیماران مبتلا به جداشدگی شبکیه را درمان کنند .

در آغاز ، درمان‌های لیزری تنها با استفاده از لیزر یاقوت صورت می‌گرفت ، ولی از اواخر دهه ۶۰ میلادی ، به تدریج لیزرهای دیگری نیز ساخته و بکار گرفته شدند . از جمله ی این لیزرها می‌توان به لیزر گاز کربنیک اشاره کرد که با کشف آن ، ایده بکارگیری این لیزر در چشم پزشکی نیز مطرح شد؛ چون به راحتی توسط بافت (که حدود ۸۰٪ آن را آب تشکیل داده است) جذب می شد . لیزر "Mainstay" نیز از انواعی بود که در سال ۱۹۶۴ ساخته شد و هنوز نیز برای جراحی بکار می‌رود .لیزر آرگون نیز از لیزرهایی بود که در سال ۱۹۶۵ برای درمان «رتینوپاتی‌های دیابتی» و در سال ۱۹۶۸ برای درمان شبکیه بکار رفت . دکتر « لسپرانس » ، نخستین کسی بود که استفاده کلینیکی از لیزر آرگون را در چشم پزشکی گزارش کرد .

در ۱۹۷۲، « ژاکو» ، « استرانگ » و « پلانی » ، استفاده کلینیکی از لیزر گاز کربنیک را در تخصص گوش و گلو و بینی ارائه دادند . در سال ۱۹۷۷، لیزر Nd- YAG جهت کنترل خونریزی دستگاه گوارش بکار برده شد .

با ساخت لیزر اگزایمر (در دهه‌ی ۷۰) ، این لیزر به سرعت جایگاه مناسبی در درما ن بیماری‌های چشم پیدا کرد . دکتر « استیون تورکل » ، نخستین کسی بود که لیزر اگزایمر را برای تصحیح عیوب انکساری در بینایی بکار گرفت . « اسرینیواسین » ، « واین » و « بلوم » در سال ۱۹۸۲ ، با کار درآزمایشگاه‌های تحقیقاتی شرکت IBM مشخص کرد که لیزر اگزایمر بر بافت تاثیر دارد . آنان مشاهده کردند که امکان برداشت بافت بوسیله‌ی لیزر ،بدون ایجاد هر گونه آسیب حرارتی به بافت‌های مجاور وجود دارد .

دکتر « تورکل » چشم پزشک مقیم نیویورک ، توانست به این لیزر نخستین جراحی "PPK" را روی فردی نابینا در سال ۱۹۸۷ انجام دهد . سپس « مک دونالد » جراح آمریکایی ،جراحی موفقیت آمیز PPK را برای روی چشم نزدیک بین انجام داد . دهه ۹۰، دهه انقلاب و جهش در زمینه لیزر اگزایمر بود . در این دوره ، تجهیزات دقیق و فناوری مناسب برای کاربرد لیزر جراحی چشم فراهم شد و نخستین جراحی‌ها « لیزیک » در سال ۱۹۹۰ انجام پذیرفت . در نهایت در سال ۱۹۹۶ ،نخستین لیزر اگزایمر در آمریکا برای انجام جراحی چشم مجوز گرفت . بکارگیری این لیزر در جراحی چشم به سرعت گسترش یافت به طوری که در حال حاضر ، «لیزیک » یکی از رایج‌ترین روش‌ها در رفع عیوب انکساری می‌باشد .

البته امروزه دیگر انواع لیزرها نظیر لیزرهای گازکربنیک ، آرگون و Nd-YAG نیز برای درمان بیماری‌های مختلف چشم بکار می‌روند .

دندانپزشکی نیز یکی از رشته‌هایی است که از آغاز تولد لیزر ، کاربرد این فناوری در آن مطرح شد . نخستین پژوهش‌های علمی در خصوص کاربرد لیزر در دندانپزشکی به سال ۱۹۶۴ بر می‌گردد ، زمانی که « استرن » و «سگناس» جهت تراش دندان و برداشتن پوسیدگی از لیزر استفاده کردند . اما به علت آسیب‌های حرارتی حاصل از لیزر در پالپ دندان و نکروز آن ، بکارگیری لیزر در دندانپزشکی تا مدتی مورد استقبال قرار نگرفت .

در سال ۱۹۸۷ ، نخستین لیزر Nd- YAG برای دندانپزشکی با کمک دکتر « تری میرز » در آمریکا ساخته و به دنبال آن ، ادعاهای فراوانی برای کاربرد این دستگاه بر روی بافت‌های نرم و سخت مطرح شد . پس از آن در سال ۱۹۹۰، کاربرد کلینیکی لیزرها در جراحی بافت نرم دهان در آمریکا تصویب شد که در این مورد ، لیزر گازکربنیک نخستین لیزر بود . در سال‌های اخیر نیز مجوز ساخت لیزر آرگون برای جراحی بافت نرم دهان، سخت کردن و پلیمریزاسیون رزین‌های ترمیمی دندان صادر شده است .

پیشینیان اعتقاد داشتند لیزر ، اختراعی در جستجوی پذیرش و استفاده است . این اعتقاد در دهه ی ۹۰ در خصوص دندانپزشکی صحیح بود . اما امروزه موارد کاربرد لیزرها در انواع زمینه‌های دندانپزشکی شامل جراحی‌های بافت نرم و سخت ، تراپی و سفید کردن دندان به سرعت رو به گسترش است . در حال حاضر ، انواع لیزرها نظیر لیزرهای He- Ne,Er-YAG,CO_2 آرگون و انواع لیزرهای نیمه هادی در دندانپزشکی بکار می روند .

۱-۸- ظهور لیزر تراپی

نخستین تحقیقات در خصوص بکارگیری لیزر در درمان ، در زمینه‌ی کاربرد آن در جراحی با استفاده از توان‌های بالای لیزر متمرکز بود ، اما به تدریج ، لیزر تراپی و بکارگیری لیزرهای کم توان در پزشکی در اواخر دهه ۶۰ یعنی تنها ۸ سال پس از ساخت نخستین لیزر آغاز شد . در این زمان ، دانشمندان و پزشکان از تابش اشعه لیزر بر سلول‌ها به منظور تاثیر گذاری بر بیماری‌ها بهره گرفتند .

پروفسور « اندرومستر » جراح بیمارستان « سملویز » در بوداپست مجارستان و کسی که پدر علم « تحریک یا برانگیزش بیولوژیک لیزر » شناخته می شود ، به این نتیجه رسید که لیزرهای با توان پایین می‌توانند در مسیر تابش خود اثرهای بیولوژیکی بر جای گذارند و در هنگام تابش بر پوست ،اثرهای غیر گرمایی داشته باشند . او از سال ۱۹۶۷ با همکاری گروهی از همکارانش ،کار خود را به عنوان پیشرو در زمینه استفاده کلینیکی از نور لیزر آغاز کرد .(شکل ۱-۵)

« مستر » در سال ۱۹۶۸ با استفاده از لیزرهای یاقوت ، آرگون و هلیم – نئون با توان خروجی پایین ، اقدام به انجام تحقیقاتی بر روی سلول‌ها کرد و همچنین با تابش لیزربر روی زخم‌های باز ، تاثیرات هیستولوژیکی ، ایمونولوژیکی و الکترومیکروسکوپی را تحت بررسی قرار داد . نتاجی این آزمایش‌ها ، بیانگر تقویت کلاژن سازی ، القاء نئوواسکولاریزاسیون و افزایش آنزیم سازی در منطقه تحت تابش اشعه لیزر بود .

او در سال ۱۹۶۹ ،تحقیقات خود را با انجام آزمایش‌هایی بر روی حیوانات ادامه داد و برای نمونه ، رشد سریع و غیر قابل پیش بینی مود را در ناحیه تراشیده شده بر روی یک موش آزمایشگاهی در اثر تابش لیزر مشاهده کرد. در اواخر آن سال ، « مستر » مقاله‌ای در زمینه تاثیر اشعه لیزر کم توان در بهبود زخم‌هایی که ترمیم نشده و یا دیر ترمیم می‌شوند به چاپ رساند. او نتایج کار خود را تحت عنوان کاربرد لیزرهای کم توان (LLLT) منتشر کرد .

تحقیقات « مستر » بوسیله‌ی افراد دیگری همچون « فردریک پلاگ » در کانادا ادامه یافت . او توانست با کمک لیزر هلیم - نئون در نقاط طب سوزنی و نقاط دردناک ، درد بیماران را تخفیف دهد . همچنین « کواکس » مجارستانی - اطلاعاتی را درخصوص تاثیر اشعه لیزر هلیم - نئون روی پوست و در بهبود زخم‌ها ارائه داد .

« هال » وهمکارانش نیز در ۱۹۷۱ ،پدیده برهمکنش لیزر با بافت‌ها و اثر آن بر ترمیم زخم‌ها را مطرح کردند . « کارنی » هم با لیزر یاقوت ،افزایش سنتز کلاژن در زخم‌های پوست را گزارش کرد. « هاگ» ، « گولیات » و «ملاندر» ، تاثیر لیزر بر فعالیت آنزیمی را ثابت کردند و « کانا» و همکارانش نیز افزایش عمده سنتز کلاژن پس از تابش لیزر هلیم – نئون را نشان دادند.

«براورمن» ، « ایوانکوویچ» و «سیمونوویچ» در سال ۱۹۸۷ ، با تابش لیزر هلیم – نئون بر زخم‌های جراحی خرگوش‌ها ،نشان دادند که لیزر سبب تسریع در ترمیم زخم ، افزایش سطح لنفوسیت‌ها و تلوید کلاژن می‌شود . « کلیما » و « لیونز» ، به ترتیب تاثیرات مثبت نور لیزر بر سیستم ایمنی و سیستم لنفاوی را نشان دادند.« تیناکارو» نیز سهم شایانی در تحقیقات مرتبط با عملکرد تابش لیزر در محدود مرئی و مادون قرمز بر سطوح سلولی داشته است و فعالیت او در این زمینه همچنان ادامه دارد .

نخستین دستگاه‌های لیزر تراپی تجاری در اواسط دهه ۷۰ به بازار عرضه شدند . این دستگاه‌ها از نوع لیزر هلیم - نئون بودند که اغلب به عنوان « لیزرهای نرم » شناخته می‌شدند و خریداران اولیه آنها نیز متخصصان پوست بودند . توان خروجی آنها تا چندین سال بسیار کم و در حدود ۲-۰/۵ میلی وات بود .

تحقیقات و فعالیت‌های درمانی اولیه در روش‌های لیزر تراپی با کمک لیزرهای هلیم – نئون ، گازکربنیک و نظایر آنها انجام پذیرفت . اما با توجه به این که برای لیزر تراپی عموماً لیزرهایی با شدت پایین و با طور موج در محدوده‌ی خاص (عمدتاً ۱/۳ – ۰/۶۳ میکرون) نیاز بود ، لذا با ظهور دستگاه‌های لیزر نیمه هادی که بهترین گزینه برای این کاربردها محسوب می‌شوند ، فرآیندهای لیزر تراپی در پزشکی گسترش یافت .

نخستین انواع لیزرهای نیمه هادی ، در دهه شصت ساخته شدند . اما مشکلات فنی فراوان ونیر عدم فناوری مناسب سبب شد که سالیان دراز ، لیزرهای مذکور به فراموشی سپرده شوند ؛ تا آن که از حدود سال ۱۹۸۰، با رشد فناوری در خصوص مواد نیمه هادی ، این لیزرها مجدداً مورد توجه محققان قرار گرفتند . در سال ۱۹۷۹ ،یک دانشمند و مهندس فرانسوی به نام « جوزف اسکوواجسا » استفاده از لیزرهای نیمه هادی در پزشکی را مطرح کرد و از آن زمان ، پیشرفت‌های چشمگیری در زمینه بکارگیری این لیزرها حاصل شد .

نخستین لیزر نیمه هادی ، لیزر « گالیم - آرسناید » بود که در اوایل دهه۸۰ با توان ۴-۱ میلی وات و طول موج ۹۰۴ نانومتر به بازار عرضه شد . از اواسط این دهه ، آزمایش بر روی لیزر جدید « گالیم _ آلومینیم _ آرسناید » آغاز شد و « اشیرو» در « آزمایشگاه لیزر پزشکی ژان » بر روی توسعه این سیستم برای کاربردهای پزشکی به فعالیت پرداخت . او با همکاری « شرکت الکتریکی ماتسوشیتا » یا به عبارتی همان « شرکت ناسیونال » ، توانست این لیزر را در سال ۱۹۸۱ با طول موج ۸۳۰ نانومتر بسازد . این لیزر برای تاثیر و نفوذ در

بافت موثر بود. نمونه‌های اولیه ، توان کمی (۱۰۰- ۲۰ میلی وات) داشتند ؛ اما بتدریج از اواخر دهه ۹۰، لیزرهای GaAlAs با توان‌های ۱۰۰۰- ۵۰۰ میلی وات نیز معرفی شدند .

پروفسور « لئون گلدمن » که از او به نام « پدر لیزر جراحی » نام برده می‌شود ، از نخستین کسانی بود که از خواص درمانی دستگاه لیزر GaAlAs استفاده کرد . لیزرهای گازکربنیک نیز دراوایل دهه ۹۰ برای لیزر تراپی بکار رفتند . در سال‌های اخیر نیز لیزرهای « ایندیم – گالیم - آلومینیوم - فسفر » به عنوان جایگزین لیزرهای هلیم – نئون معرفی شدند . هم زمان با استفاده از لیزرهای نیمه هادی در کاربردهای پزشکی خصوص لیزرتراپی، استفاده از لیزر در طب سوزنی نیز مورد بررسی قرار گرفت . این موضوع در « چهارمین کنگره انجمن بین‌المللی لیزر در جراحی و پزشکی » در توکیو در سال ۱۹۸۱ تحت عنوان "Laser Acupuncture" مطرح شد.

در مطالب گفته شده در سطور بالا در خصوص لیزرتراپی ،کمتر به فعالیت پژوهشگران روس اشاره شد در حالی که حجم وسیعی از دانش لیزرهای کم توان و همچنین روش‌های لیزرتراپی را باید مدیون محققان روسی دانست . آنان در این زمینه از سابقه ۴۰ ساله‌ی تحقیقات کلینیکی برخوردار می‌باشند و در این مدت توانسته‌اند ضمن آگاهی دقیق از برهمکنش لیزر با ساختار بیولوژیکی ، از روش لیزر تراپی در تخصص‌های مختلف به منظور درمان بسیاری از بیماری‌ها استفاده کنند علاوه بر این ، شیوه‌های نوینی نیز در درمان بیماری‌ها با کمک نقاط طب سوزنی و نقاط تاثیر عمومی ارائه کرده‌اند .

دلایل متعددی وجود دارد که فعالیت این محققان و نتایج کار آنان در جهان کمتر مورد توجه قرار گرفته است . نخست آن که به علت بسته بودن سیستم کشور شوروی تا سال های اخیر ، امکان دارد ارتباط آزاد متخصصان این کشور با دیگرکشورها فراهم نبوده است . از طرفی انتشار نتایج کار این محققان عمدتاً به زبان روسی ، عدم آشنایی آنان به زبان‌های بین‌المللی و در نتیجه عدم ارتباط درست با مجامع بین‌المللی و متخصصان دیگر کشورها و بالاخره متفاوت بودن روشهای تحقیق و تحلیل در روسیه با روش‌های غربی ، سبب شده است که در بسیاری موارد ، نتایج کار آنان جدی گرفته نشود و یا مورد تایید قرار نگیرد .

البته به نظر می‌رسد که در سال‌های اخیر با ارتباط بیشتر این متخصصان با جوامع غربی ، آشنایی آنها با روش‌های تحقیق دیگر کشورها و نحوه عرضه دستاوردها ، تا حدی این ابهامات و مشکلات برطرف شده باشد .

نمونه‌ای از فعالیت‌های تحقیقاتی بسیار جامع و کامل که مورد قبول جوامع بین‌المللی نیز می‌باشد . فعالیت‌های تیم تحقیقاتی پروفسور « تینا کارو » در مرکز تحقیقات فناوری لیزر در روسیه است .

در حال حاضر ، بسیاری از پیشرفت‌های جدید در زمینه لیزر تراپی مدیون این گروه می‌باشد . « کارو» و همکارانش تا کنون صدها مطلب در خصوص برهمکنش نور با سلول‌ها منتشر کرده‌اند .

در هر حال ، به جرأت می‌توان گفت امروزه روسیه یکی از فعال‌ترین کشورها در زمینه عرضه دستگاه‌های لیزرتراپی و بکارگیری آن در زمینه‌های درمانی می‌باشد . البته در تعدادی از کشورهای غربی و ژاپن نیز فعالیت‌های گسترده‌ای در زمینه کاربرد لیزرهای کم توان در درمان بیماری‌ها صورت گرفته است ،اما بسیاری از این موارد در مرحله تحقیقاتی می‌باشند و هنوز مجوزهای رسمی از مراجع ذیربط دریافت نکرده‌اند .

فصل دوم:

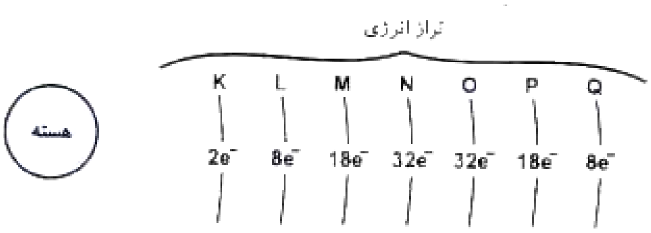
مبانی و اصول لیزر

۲-۱- مفاهیم اولیه

هر ماده از مجموعه‌ای از ذرات به نام اتم‌ها تشکیل شده است . این اتم‌ها کوچک‌ترین جزء سازنده هر ماده می‌باشند . اتم خود شامل ذرات کوچکتری به نام پروتون ، نوترون و الکترون است . پروتون و الکترون به ترتیب دارای بار الکتریکی مثبت و منفی و نوترون بدون بار می‌باشند.

مطابق با یکی از مدل‌هایی که بیانگر ساختار مواد است، در مرکز هر اتم ، هسته‌ای وجود دارد که در برگیرنده مجموعه‌ی پروتون‌ها و نوترون‌ها می باشد . در اطراف هسته نیز مدارهایی وجود دارد که در این مدارها ، الکترون‌ها به دور هسته می‌چرخند . در حالت عادی به علت تعداد مساوی پروتون و الکترون در هر اتم ، مجموع بارهای الکتریکی اتم صفر می‌باشد لذا اتم از نظر بار الکتریکی خنثی محسوب می‌شود .

نخستین مدار (تراز انرژی) که از همه به هسته نزدیک‌تر است می‌تواند دو الکترون داشته باشد. دومین مدار که از هسته دورتر است ۸ الکترون ، سومین مدار ۱۸ الکترون ، چهارمین و پنجمین مدار ۳۲ الکترون ، ششمین مدار ۱۸ الکترون و بالاخره مدار هفتم ۸ الکترون می‌توانند در خود جای دهند (شکل ۲-۱)



شکل ۲-۱- ساختار اتمی شامل هسته و لایه‌های الکترونی با حداکثر تعداد الکترون‌ها در هر لایه

در حالت عادی در اتم ، الکترون‌ها در مدارهای خاصی در حال چرخش به دور هسته می‌باشند ، اما الکترون قابلیت جهش ناگهانی از یک مدار به مدار دیگر را دارد . این الکترون باید برای حرکت از ترازی با انرژی پایین‌تر

به تراز انرژی جذب کند و بالعکس برای انتقال از تراز بالاتر به پایین‌تر ، انرژی از دست دهد به عبارت دیگر ، امکان جهش الکترون از یک تراز انرژی به تراز دیگر با جذب یا نشر انرژی تابشی امکان پذیر است .

اگر انرژی از یک منبع خارجی تامین شود و الکترون های مدارهای دور هسته اتم را برانگیزد ، تعدادی از الکترون‌ها انرژی جذب کرده و به مدار بالاتر جهش می‌کنند که در این حالت اتم برانگیخته و تحریک شده است و ناپایدار می‌باشد . این حالت مدت بسیار کوتاهی ادامه می‌یابد و مجدداً الکترون با انتقال به مدار پایین‌تر ، می‌تواند انرژی خود را به صورت « تشعشعی» و یا « غیر تشعشعی » از دست دهد این پدیده ، اساس تشکیل نور و همچنین لیزر می‌باشد .

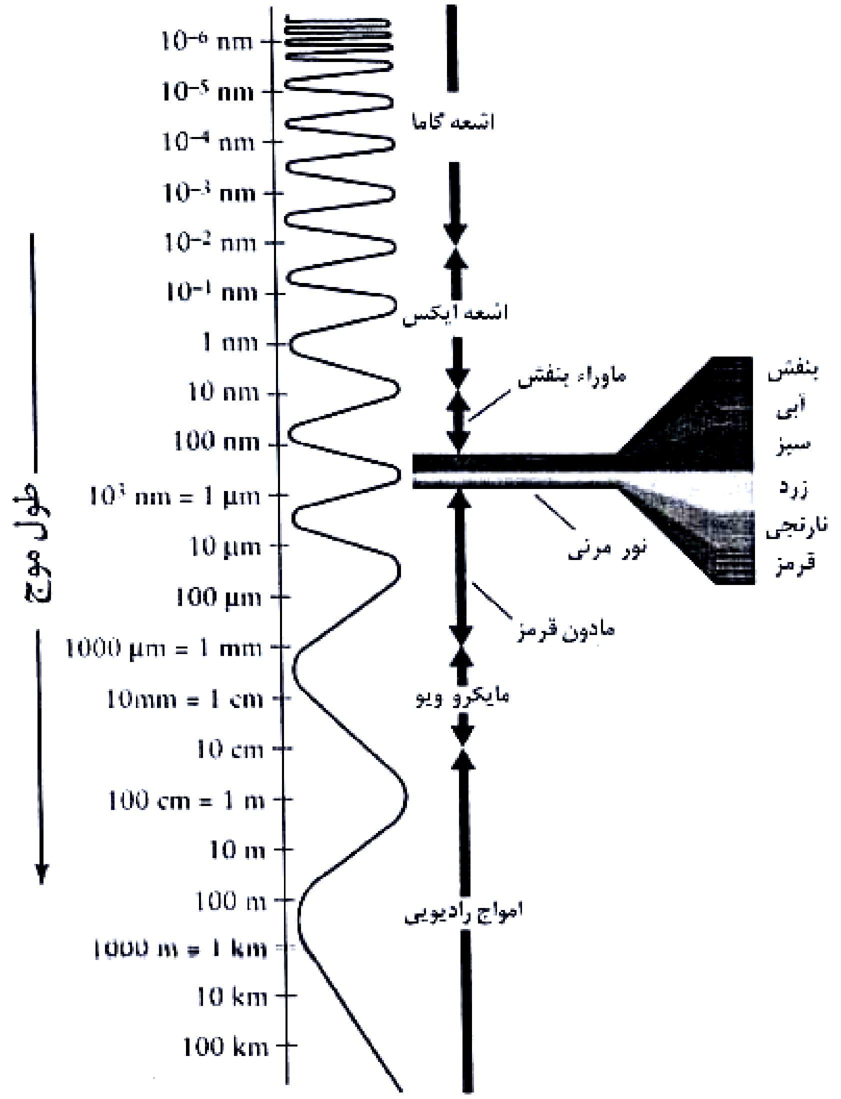
نور دارای دو ماهیت موجی و ذره‌ای می‌باشد هنگام حرکت نور در محیط و یا در برخورد با یک سطح انعکاس‌دهنده، شاهد ماهیت موجی بودن نور هستیم . اما در هنگام جذب وانتشار نور در مواد ، ماهیت ذره‌ای آن نمود عینی‌تری می‌یابد .

موج نوعی آشفتگی است که سبب انتقال انرژی از یک نقطه به نقطه دیگر می‌شود هر گاه بتوان یک آشفتگی مرتبط و منظم در محیطی ایجاد کرد ، در حقیقت یک موج ایجاد شده است صدای موسیقی و گفتگوی انسان ، نمونه‌هایی از امواج می‌باشند این امواج بری حرکت خود نیازمند هیچگونه محیط مادی نمی‌باشند . امواج الکترومغناطیسی نمونه‌ای از این امواج هستند .

امواج الکترومغناطیسی می‌توانند اثرهای الکتریکی و مغناطیسی را بوجود آورند یا القاء کنند . امواج رادیویی ،میکروموج‌ها ، پرتوهای مادون قرمز (فرو سرخ) ،امواج قابل رویت (محدوده نور مرئی) ، ماوراء بنفش (فرابنفش) ،اشعه ایکس و پرتوهای گاما از انواع امواجی می‌باشند که در طیف الکترومغناطیسی طیف وسیعی از امواج با طول موج‌های بسیار کوتاه تا طول موج‌های بسیار بلند را در بر می‌گیرند .

چشم انسان به طور طبیعی نمی‌تواند بجز نور مرئی دیگر امواج طیف الکترومغناطیسی را شناسایی کند . به عبارت دیگر ، امواج بینایی در این طیف وسیع ، تنها نوار کوچکی از امواج الکترومغناطیسی را به خود اختصاص داده‌اند . امواج مادون قرمز ،میکرو موج و امواج رادیویی از طول موج بلندتر و فرکانس (بسامد) کمتری نسبت به طیف نور مرئی برخوردار هستند و امواج ماوراء بنفش ، پرتو ایکس و پرتوهای کیهانی و گاما دارای طول موج

کوتاه‌تر و فرکانس بیشتری از نور مرئی می‌باشند در جدول (۲-۱) ، انواع امواج موجود در طیف الکترومغناطیسی آورده شده‌اند .


10^{-6} nm
10^{-5} nm
10^{-4} nm
10^{-3} nm
10^{-2} nm
10^{-1} nm
1 nm
10 nm
100 nm
10^{3} nm = 1 µm
10 µm
100 µm
1000 µm = 1 mm
10mm = 1 cm
10 cm
100 cm = 1 m
10 m
100 m
1000 m = 1 km
10 km
100 km
طول موج
اشعه گاما
اشعه ایکس
ماوراء بنفش
نور مرئی
مادون قرمز
مایکرو ویو
امواج رادیویی
بنفش
آبی
سبز
زرد
نارنجی
قرمز

شکل ۲-۲- محدوده طیف الکترومغناطیسی

چشم انسان نور مرئی را به صورت نور سفید حس می‌کند ولی این نور از مخلوط رنگ‌ها تشکیل شده است . با کاهش طول موج ، رنگ به ترتیب از سرخ به نارنجی ، زرد ، سبز ، آبی و بنفش تغییر می‌کند . با عبور نور معمولی از منشور ، این نور سفید به رنگین کمانی از رنگها به نام طیف مرئی تجزیه می‌شود .

۲-۲- برخورد نور با ماده

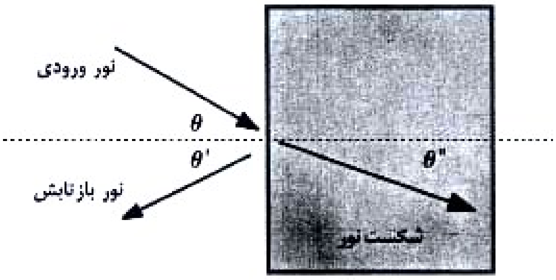
در برخورد نور با ماده ، چهار اثر (مطابق با شکل ۲-۲) به شرح زیر می‌تواند ایجاد شود :

الف) انعکاس (بازتاب)

ب) جذب

ج) پراکندگی (پخش شدگی)

د)عبور



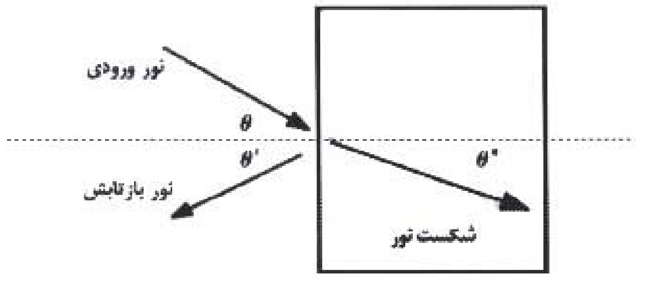
شکل ۲-۳- پدیده‌های ناشی از برخورد نور با ماده

الف) انعکاس

فرآیند انعکاس یا بازتابش ، به صورت بازگشت پرتو نور از سطح مورد تابش (سطح برخورد) ، تعریف می‌شود . مرز بین دو ماده با ضریب شکست‌های متفاوت نظیر هوا و جسم تحت تابش (مثلاً بافت انسان) یا سطح جداکنندگی دو محیط را سطح بازتابنده گویند .

برای سطوح نسبتاً صاف در هنگام برخورد ، زاویه تابش و زاویه بازتابش برابر می‌باشند (شکل ۲-۳)

اگر سطح باز تابنده به گونه ای صیقلی باشد که ناصافی آن نسبت به طول موج پرتو تابشی بسیار کوچک باشد ، بازتابش را بازتاب آیینه‌ای (منظم) گویند اما اگر ناهمواری سطح مذکور قابل مقایسه یا بزرگ‌تر از طول موج پرتو تابشی باشد ،این نوع بازتابش ، بازتاب پخشی (نامنظم) نام دارد . در تابش بر بافت‌ها ، عمدتاً انعکاس به صورت انعکاس پخشی می‌باشد ،به این دلیل که بافت‌ها فاقد سطح صیقلی هستند .



شکل ۲-۴- تصویری از بازتابش

ب) جذب

در فرآیند جذب ،شدت موج برخورد کرده با ماده ، به هنگام عبور از آن کاهش می یابد . در این حالت بخشی از انرژی اشعه توسط ماده جذب و به گرما یا نوسان‌های مولکولی تبدیل می‌شود . در یک محیط شفاف (نظیر قرنیه و عدسی) نور بدون هیچ جذبی عبور می‌کند . به عبارتی انرژی تابشی ورودی و خروجی یکسان است . بالعکس در محیط‌های کدر (غیر شفاف) میزان انرژی خروجی می‌تواند به صفر کاهش یابد .

ج) پراکندگی

در فرآیند پراکندگی (پخش) ، هنگام عبور نور از ماده به جای عمل شکست در یک زاویه مشخص ، باریکه نور در زوایای مختلف در ماده پخش می‌شود . در بیشتر بافت‌ها ، فرآیندهای جذب و پراکندگی هر دو با هم روی می‌دهند . چنین محیط‌هایی را محیط مرکب می‌نامند .

د) عبور

در پدیده عبور ، پرتو نور تحت زاویه‌ای کوچک‌تر از زاویه‌ی برخورد در داخل ماده منتشر و سپس از ماده خارج می شود . میزان زاویه انتشار در داخل ماده براساس شکست نور تعیین می‌شود که پدیده شکست نور ناشی از تفاوت ضرایب شکست دو محیط می‌باشد ؛ لذا سرعت نور در محیط تحت برخورد تغییر می‌کند .

۲-۳- ماهیت نور و لیزر

پیش از این اشاره شد که نور دارای ماهیتی دو گانه می‌باشد . هنگامی که در خصوص رفتار حرکتی نور در محیط صحبت می‌شود باید به خاصیت موجی و در بیان پدیده‌هایی نظیر جذب و نشر بهتر است به خاصیت ذره‌ای آن توجه شود .

در آغاز ، « ماکسول » بطور تجربی ثابت کرد که نور به صورت موج منتشر می‌شود و معادلاتی برای توصیف طبیعت موجی نور ارائه کرد . اما برخی ویژگی‌های نور سبب شد که نور را به صورت جریانی از ذرات نیز در نظر گیرند . مطابق با نظر « ماکس پلانک » نور از بسته‌های انرژی تابشی تشکیل شده است که او ، آنها را « کوانتا» نامید .

برخی مواد می توانند انرژی تابشی را جذب و سپس آن را به صورت نور تابش کنند . هنگامی که این امر در اتم بطور طبیعی روی می‌دهد ، « گسیل خود به خود » یا« نشر خود به خود » یا « نشر بدون اختیار » نامیده می‌شود . به عبارت دیگر، آنچه در طبیعت شاهد هستیم و آن را نور می‌نامیم ، حاصل نوعی نشر خود به خودی

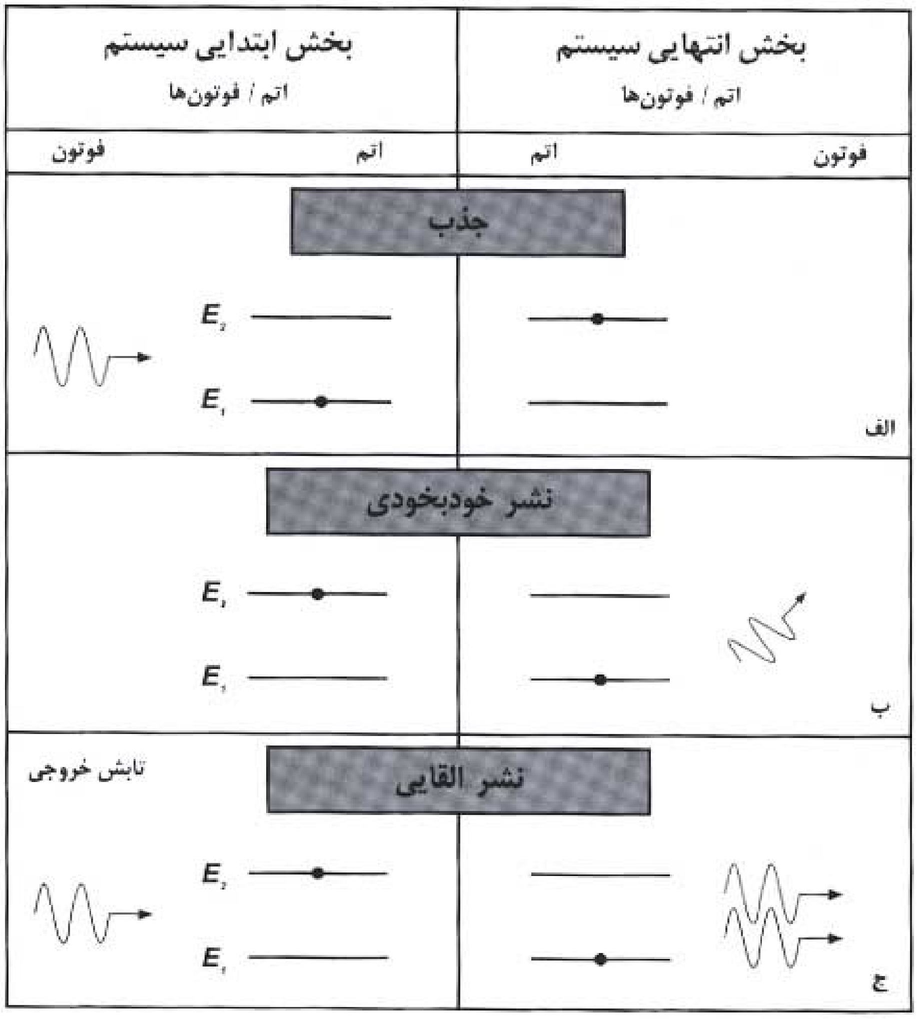
است . نور مرئی که در گسیل خود به خود آزاد می‌شود ، به شکل کوانتوم‌های انرژی می‌باشد . بنابراین می‌توان گفت که نور به صورت بسته‌های کوچک انرژی است .

« اینشتین » واحد اصلی نور گسیل شده در حین نشر خود به خودی را « فوتون » نامید . او این نام را برگزید تا تاکید کند که کوانتوم‌های نور نظیر ذرات متحرک رفتار می‌کنند . همچنین نظریه‌ای داد که براساس آن ، فوتون خارج شده از اتم می تواند اتم برانگیخته مشابه دیگری بوجود آورد و در این صورت فوتون دوم حاصل می‌شود . « اینشتین » این پدیده را « گسیل القایی » یا « نشر برانگیخته » یا نشر « تحریکی » نامید .

هنگامی که اتم (یا مولکول) از یک منبع خارجی انرژی دریافت می‌کند ،الکترون با گرفتن انرژی (جذب فوتون) از تراز با انرژی پایین (E_1) به تراز بالاتر (E_2) منتقل می‌شود . (شکل ۲-۴- الف) در این حالت انرژی آن معادل اختلاف انرژی E_2-E_1 خواهد بود این الکترون هنگام بازگشت از مدار تحریکی (E_2) به تراز پایین‌تر (E_1) ، انرژی دریافتی خود را به صورت ایجاد فوتون از اتم (یامولکول) ساطع می‌کند که انرژی این فوتون ،معادل اختلاف ترازهای انرژی مذکور (E_2-E_1) می‌باشد .

اگر این برگشت به تراز اولیه و ایجاد فوتون بدون دخالت عامل خارجی صورت پذیرد و بطور خود به خودی باشد، نشر خود به خودی است (شکل ۲-۴-ب) در این نوع نشر هیچ گونه ارتباطی بین فوتون‌های ایجاد شده در اتم ها وجود ندارد و فوتون‌ها مستقل از هم رفتار می‌کنند در این حالت ، فوتون حاصل بطور تصادفی در هر جهتی در فضا می‌تواند انتشار یابد .

اما در نشر برانگیخته ، فوتونی با انرژی کاملاً برابر با اختلاف دو تراز انرژی (E_2-E_1) از کنار اتم تحریک شده حرکت می‌کند و الکترون به علت اثر القاء (و نه بطور خود به خودی) از تراز بالاتر به تراز پایین‌تر منتقل می‌شود لذا در این حالت ، فوتون حاصل کاملاً مشابه با فوتون اول خواهد بود (شکل ۲-۴- ج) در این فرآیند (نشر برانگیخته) ، فوتون ایجاد شده از نظر شناسنامه‌ای نظیر فوتون اولیه است و فوتون‌های حاصل از نظر انرژی، طول موج ، فرکانس و فاز شبیه یکدیگر می‌باشند و رفتاری مشابه دارند . این فوتون‌ها که در یک جهت انتشار می‌یابند و در اثر نشر برانگیخته در فضای محسوب کوچکی جمع شوند و گسیل القایی کافی ایجاد و تقویت شود، انتشار فوتون‌های حاصل سبب تولید لیزر خواهد شد .


بخش انتهایی سیستم
اتم / فوتون‌ها
بخش ابتدایی سیستم
اتم / فوتون‌ها
فوتون
اتم
اتم
فوتون
جذب
E_2
E_1
الف
نشر خودبخودی
E_2
E_1
ب
نشر القایی
تابش خروجی
E_2
E_1
ج

شکل ۲-۵- نمایش شماتیک فرآیندهای جذب، نشر خودبخودی و نشر القایی

الف) جذب ،ب) نشر خود بخودی ، ج)نشر برانگیخته

برای این اختلاف ناشی از نشر خود به خودی و نشر برانگیخته کاملاً مشخص شود ، فرض کنید مقداری شن در دست خود نگه داشته‌ایم . هنگامی که آن را به سمت دیواری پرتاب می کنیم، مجموعه شن‌ها پیش از رسیدن به دیوار پراکنده می‌شوند و هر یک از دانه‌های شن به گوشه‌ای از دیوار برخورد خواهند کرد لذا اثر تخریبی هر یک از دانه‌های شن بر روی دیوار کاملاً ناچیز است . حال اگر همین عمل را مجدداً تکرار کنیم به گونه‌ای که قادر باشیم دانهٔ‌ای شن را به یکدیگر فشرده و از مجموع آنها یک قطعه سنگ ایجاد کنیم ،در برخورد این مجموعه شن با دیوار ، قطعاً شاهد خرابی آن خواهیم بود . در واقع فوتون‌های هم فاز (نشر برانگیخته) مانند این قطعه سنگ متشکل از دانه‌های ریز شن خواهند بود ، به گونه‌ای که فوتون‌ها یکدیگر را تقویت کرده و اثر بخشی بیشتری خواهند داشت .

لیزرهای نور خاصی ایجاد می‌کنند که با نور سفید موجود در طبیعت یا نور منابعی نظیر شمع ، چراغ قوه و نظایر آن متفاوت است . نور سفید معمولی آمیزه‌ای از طول موج‌های نوری متفاوت است که در هم آمیخته اند ودر جهت‌های مختلف حرکت می کنند . نور معمولی مشابه آمیزه مغشوش صداهای در هم است که به صورت « نوفه » می‌شنویم امادر نور لیزر یک طول موج وجود دارد و امواج همزمان با همگام برمی‌دارند (یا هم فاز هستند) لذا نور لیزر ، منظم می‌باشد و مشابه یک نوای موسیقی است .

۲-۴- اساس تشکیل لیزر

لیزر ، نوعی منبع تابش امواج الکترومغناطیسی است که از ویژگی‌های خاص خود نیز برخوردار می‌باد . واژه « لیزر » عبارتی مخفف می‌باشد که از بهم پیوستن حروف اول کلمه‌های "Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation" به شرح زیر اقتباس شده است :

"L" برگرفته از کلمه "Light" به معنی نور.

"A" برگرفته از کلمه "Amplification" به معنی تقویت.

"S" برگرفته از کلمه "Stimulated" به معنی برانگیخته.

"E" برگرفته از کلمه "Emission" به معنی نشر و گسیل.

"R" برگرفته از کلمه "Radiation" به معنی تشعشع.

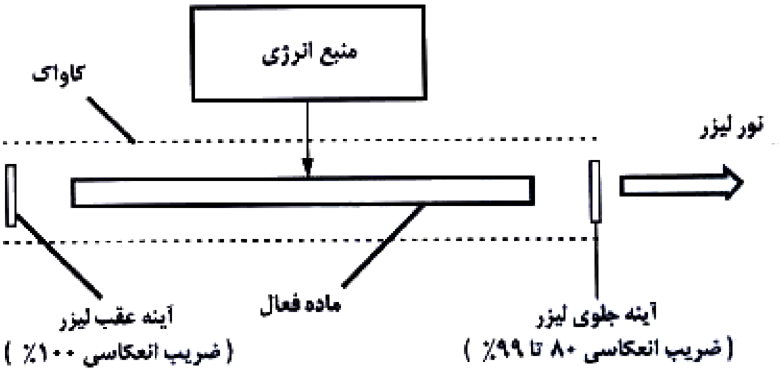
با توجه به کلمات مذکور ، « لیزر » به معنی تقویت نور ناشی از تابش گسیل القائی و تحریک شده یا به اختصار، « تقویت نور نشر برانگیخته » می باشد . هر نوع لیزر در محدوده طیفی خاصی انتشار می‌یابد .

در یک نگاه ساده می توان هر لیزر را متشکل از سه قسمت اصلی به شرح زیر در نظر گرفت :

الف) ماده فعال

ب) کاواک

ج)منبع انرژی


منبع انرژی
کاواک
نور لیزر
ماده فعال
آینه عقب لیزر
(ضریب انعکاسی ۱۰۰٪)
آینه جلوی لیزر
(ضریب انعکاسی ۸۰ تا ۹۹٪)

شکل ۲-۶- شمای کلی اجزاء تشکیل دهنده لیزر

الف) ماده فعال

ماده فعال (محیط فعال) ، ماده‌ای است که می‌تواند انرژی را جذب و آزاد کند و تعیین کننده نوع لیزر است . محیط فعال می‌تواند حاوی اتمها ،یون‌ها یا مولکول‌هایی باشد که تحریک می‌شوند و فوتون ایجاد می‌کنند . در این حالت لیزرهای حاصل را به ترتیب لیزر اتمی ،یونی ومولکولی می‌نامند .

عموماً لیزرها را بر حسب محیط فعال آن نامگذاری می‌کنند . به عبارتی ،کلمه‌ای که به دنبال لیزر می‌آید ، مشخص کننده ماده فعال لیزر است . به عنوان مثال در لیزر یاقوت ، محیط فعال آن کریستال یاقوت و در لیزر

هلیم - نئون ، مخلوط گازهای هلیم و نئون ، ماده فعال لیزر را تشکیل می‌دهند . ماده فعال می‌تواند گاز (نظیر گازکربنیک) ، مایع (نظیر برخی مواد رنگی آلی) ، جامد (نظیر Nd- YAG) ، نیمه هادی (نظیر Ga-Al) و حتی پلاسما (نظیر Sr- He) باشد .

ب) کاواک

کاواک ،محفظه‌ای است که ضمن نگهداری ماده فعال ، شرایط لازم را برای تشدید و تقویت نور فراهم می‌کند . عموماً در دو سر این محفظه (در ابتدا و انتهای آن) ، دو آینه یا دیگر سطوح بازتابنده با ضرایب انعکاسی متفاوت تعبیه شده است . آینه‌ها می‌توانند به شکل‌های مختلف نظیر تخت و یا انحنادار در یک فاصله مشخص نسبت به هم ،بطور موازی و روبروی یکدیگر ، در طول کاواک قرار گیرند .

کاواک‌ها را از مواد مختلفی نظیر شیشه (در لیزر هلیم – نئون) می‌سازند .

ج) منبع انرژی

منبع انرژی ، نقش تامین انرژی لازم جهت عمل تحریک و ایجاد برانگیختگی در اتم‌ها، مولکول‌ها و یا یون‌های تشکیل دهنده محیط فعال را ایفا می‌کند .برای تولید پرتو باید اصطلاحاً « جمعیت وارونه » داشت منظور آن است که جمعیت یا به عبارتی تعداد ذرات در تراز انرژی بالا بیشتر از تعداد آنها در سطوح انرژی پایین باشد . بنابراین باید با روش‌هایی تجمع در سطح انرژی بالا را افزایش دهیم چون در غیر این صورت و بیشتر بودن جمعیت در تراز انرژی پایین ، پدیده جذب انرژی و فوتون در هنگام انتقال از تراز انرژی پایین به بالا را خواهیم داشت که مورد نظر نیست بلکه هدف ، آزاد سازی انرژی به صورت فوتون می‌باشد .

در شرایط عادی ، مواد به عنوان یک جذب کننده عمل می‌کنند ،اما در صورت استفاده از ماده فعال ، این ماده نقش تقویت کننده را خواهد داشت که در آن ، جمعیت در تراز انرژی بالا بیشتر می‌باشد لذا وارونی جمعیت روی می‌دهد .برای رسیدن به این حالت از سیستم‌های مختلفی استفاده می‌شود و این عمل «دمش» یا «پمپاژ»

نام دارد عمده منابعی که برای واحد پمپاژ جهت انتقال ذرات به ترازهای تحریکی و ایجاد وارونی جمعیت در محیط فعال مورد استفاده قرار می‌گیرند، به شرح زیر می‌باشند:

۱- منابعه الکترونی (واحدهای مولد الکتریکی)

* تخلیه بار الکتریکی گاز

* پرتوهای الکترونی پر انرژی

۲- منابع نوری (واحد پمپاژ نوری)

* منابع غیر همدوس (فلاش لامپ ، لامپ‌های تخلیه بار الکتریکی و نور خورشید)

* منابع همدوس (استفاده از دیگر لیزرها)

۳- منابع حرارتی (کوره‌های گرمایی)

۴- واحدهای واکنش شیمیایی

* واحدهای احتراق شیمیایی (شعله)

* واحدهای احتراق سریع (انفجار)

۵- منابع ذرات سنگین

* منابع پرتو یونی

* محصولات هم جوشی از محیطی مشابه رآکتور

۶- سیستم تابش یونی

* بمب هسته‌ای

* منابع اشعه x

در بین روش‌های مختلف پمپاژ فوق ، استفاده از پمپاژ الکتریکی با تخلیه شدید الکتریکی محیط ،پمپاژ نوری با کمک فلاش لامپ ، پمپاژ شیمیایی با انجام واکنش‌های شیمیای گرما زا ، پمپاژ حرارتی و استفاده از دیگر لیزرها ، مرسوم‌ترین روش‌ها می‌باشند . درهر حال ، این عوامل سبب انتقال انرژی به ماده فعال و تحریک آن در

محفظه کاواک می‌شوند تا پس از تولید فوتون ناشی از نشر برانگیخته و تقویت آن ، پرتو لیزر حاصل ، از کاواک خارج شود .

۲-۵- نحوه تولید لیزر

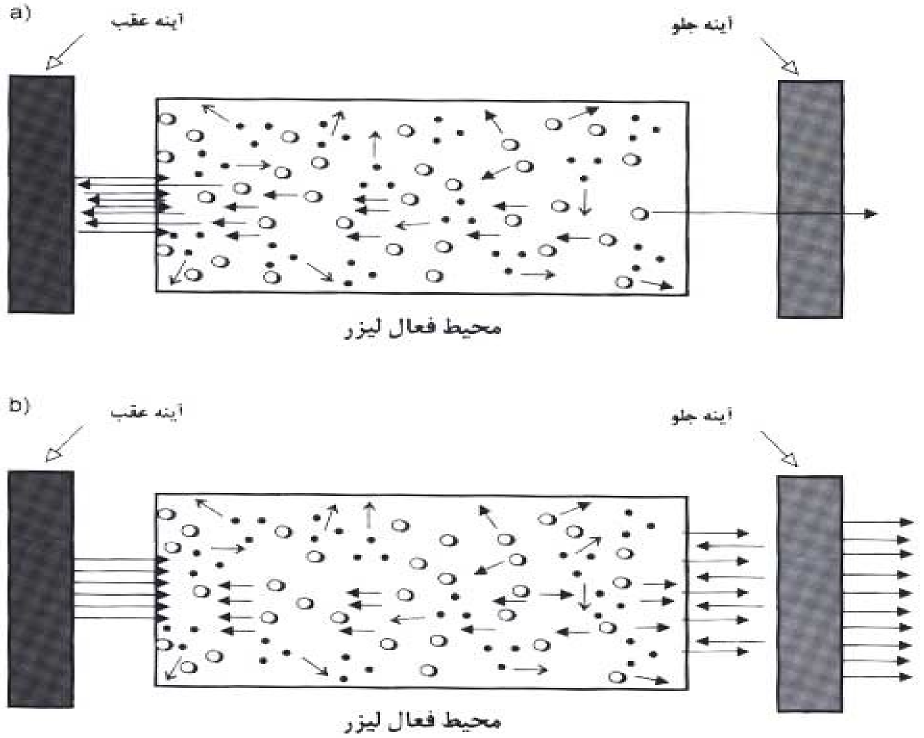
با کنار هم قرار دادن اجزاء اصلی تشکیل دهنده دستگاه لیزر (شامل ماده فعال ، کاواک و منبع انرژی) ؛ امکان تولید پرتو خروجی با خصوصیات ویژه لیزر وجود خواهد داشت . این فرآیند در چند مرحله انجام می‌شود . نخست منبع انرژی ،انرژی لازم را به محیط فعال انتقال می‌دهد تا این محیط آن را جذب کند . در این حالت انرژی جذب شده سبب تحریک برخی اتم‌های ماده فعال می‌شود و الکترون‌های آنها به ترازهای انرژی بالاتر انتقال می‌یابند . در ادامه و با بازگشت الکترون‌ها به صورت خود به خودی و همچنین ناشی از القاء فوتون ، فوتون‌های ناشی از این دو پدیده (نشر خود به خود ونشر برانگیخته) تولید می‌شوند این فوتون‌ها نیز اتم‌های دیگری را در محیط فعال بر می‌انگیزند تا آنها نیز فوتون تولید کنند . بدین ترتیب فوتون ها از اتم‌های بیشتر و بیشتری از محیط فعال تابش می‌کنند و فرآیندهای تحریک و نشر فوتون بطور مداوم ادامه می‌یابد .

در نتیجه فوتون‌های زیادی در محیط ایجاد می شود که درجهتهای مختلف از جمله در جهت محور اپتیکی کاواک (عمود بر سطح دو آینه) حرکت کرده و به قسمت‌های مختلف کاواک برخورد می‌کنند . فوتون‌های برخورد کرده به آینه‌ها ، مجدداً باز می‌گردند و از کنار تعدادی از اتم‌های تحریک شده می‌گذرند تا نشر برانگیخته و فوتون‌های جدیدی حاصل شود . این فوتون‌ها و فوتون‌های سابق مجدداً در کاواک حرکت کرده و به آینه برخورد می کنند و در ادامه ، بازتاب آنها و دیگر فرآیندها تکرار می‌شود .

بنابراین در هر عمل رفت و برگشت فوتون‌ها در داخل کاواک ، تعداد فوتون‌های نشر برانگیخته افزایش می‌یابد ، ونوعی تقویت نور صورت می‌پذیرد . این عمل آنقدر تکرار می‌شود تا فرآیند نشر برانگیخته بر نشر خود به خودی در داخل کاواک غلبه کند به عبارت دیگر ، بازتاب‌های رفت و برگشتی بین آینه‌ها سبب تقویت نور حاصل از نشر برانگیخته شده ودر نهایت لیزر حال خواهد شد .

حال باید دید نور لیزر ایجاد شده چگونه می‌تواند از کاواک خارج شود . برای این عمل کافی است ضریب انعکاسی یکی از آینه‌ها کمتر از ۱۰۰٪ باشد تا خروج میزان کمی نور از آن امکان پذیر شود .

آینه‌ها به گونه‌ای می باشند که یکی از آنها دارای ضریب انعکاسی حدود ۱۰۰٪ است که این آینه ، بازتابش کامل دارد و « آینه عقب لیزر » نامیده می‌شود . آینه دیگر ، بخش عمده‌ای از نور لیزر را انعکاس و درصد کمی از آن را عبور می‌دهد . همین مقدار ضریب عبور آینه کافی است تا نور لیزر از داخل کاواک به خارج منتقل شود. این آینه را « آینه جلوی لیزر » می‌نامند که خروج لیزر از کاواک از طریق آن صورت می گیرد . در شکل (۲-۷) مباحث گفته شده ، شامل برخورد فوتون‌های حاصل با قسمت‌های مختلف کاواک ، با اتم‌های تحریک شده و آینه‌ها و همچنین حرکت رفت و برگشتی فوتون‌ها در بین آینه‌ها وتولید و تقویت فوتون‌های مشابه و در نهایت تولید پرتو نور تقویت شده ناشی از نشر برانگیخته (لیزر) و خروج آن از آینه جلوی محفظه لیزر ، نشان داده شده است .



شکل ۲-۷- نحوه تشکیل لیزر

a) تولید فوتون‌ها و برخورد آنها با قسمت‌های مختلف در محیط فعال لیزر

b) تولید فوتون‌های جدید حاصل از نشر برانگیخته ، تقویت نور حاصل و خروج لیزر

۲-۶- خواص لیزر

همانطور که پیش از این اشاره شد ،لیزر ، منبع تابش امواج الکترومغناطیسی با ویژگی‌های خاص است . این ویژگی‌ها شامل تک فامی ، همدوسی واگرایی کم (هم راستایی) و بالاخره شدت بالا و درخشندگی می‌باشند که در ادامه به تفکیک بررسی می‌شوند :

۲-۶-۱- تک فامی

تک فامی به این معنی است که تمامی فوتون‌های نور لیزر دارای یک طول موج مشخص ویکسان می‌باشند . به عبارت دیگر همه امواج نور لیزر دارای طول موج و فرکانس مشابه هستند ، به همین دلیل گاهی به آن « نور خالص » نیز گفته می‌شود . یکی از علل اصلی این پدیده ، امکان تقویت تنها یک موج الکترومغناطیسی با فرکانس مشخص در هر نوع لیزر می‌باشد .

پدیده تک فامی تنها در پرتو لیزر مشاهده می‌شود ولی در نور معمولی (نظیر نور منتشر شده از یک لامپ) ، طول موج‌ها و فرکانس‌های مختلفی وجود دارند .بنابراین لیزر ، نوری تک رنگ است که با گذشتن از منشور به همان صورت باریکه مستقیم تک فام از آن خارج می‌شود ، ولی نور معمولی با عبور از منشور به طیفی از رنگ‌های مختلف محدوده‌ی مرئی تجزیه می شود .

۲-۶-۲ – همدوسی

هم فاز بودن فوتون‌های نور لیزر ناشی از پدیده برانگیخته ، سبب همدوسی پرتو لیزر می‌شود . به عبارت دیگر در حالت همدوسی ، اختلاف فاز وجود ندارد و ارتباط فاز برای نقاط مختلف موج یکسان می‌باشد . امواج نور لیزر با هم گام بر می‌دارند و قله هر موج با قله امواج دیگر منطبق است . لذا لیزر همدوس است در حالی که نور معمولی ، غیرهمدوس می‌باشد .

۲-۶-۳ – واگرایی کم وهم راستایی

نور لیزر به صورت یک باریکه تقریباً موازی و نسبتاً مستقیم در مسیر معین منتشر می‌شود و دارای واگرایی کم است و پراکنده نمی‌شود . در حالی که نور معمولی واگرا می‌باشد و به تدریج پخش می‌شود .

از طرفی امکان تغییر واگرایی لیزر (کاهش یا افزایش) به روش‌های مختلف وجود دارد .

۲-۶-۴- شدت بالا و درخشندگی

تمرکز تمامی فوتون‌های نور لیزر در یک مقطع کوچک سبب شده است که درخشندگی و شدت بسیار بالایی برای لیزر فراهم شود . همچنین امکان تولید لیزرهایی با توان‌های بسیار بالا نیز وجود دارد .

۲-۷- طبقه بندی لیزرها

تا کنون لیزرهای متعددی ساخته شده‌اند و این روند همچنان رو به افزایش می‌باشد لیزرها براساس عوامل مختلفی نظیر ماده فعال ، منبع تحریک ، توان خروجی ، محدوده طیف و ... گروه بندی می‌شوند.

جدول ۲-۱- طبقه بندی انواع لیزر براساس عوامل مختلف

ردیف	عوامل موثر	گروه‌های لیزر (انوا)	نمونه لیزرهای موجود در هر گروه
۱	محیط فعال	گاز	He-Ne,CO,CO_2,N_2،اگزایمر ،بخار ،فلز ، یونی
		مایع	لیزر رنگ ،محلول‌های بیومولکولی
		جامد	مواد کریستالی مصنوعی (نظیر Nd-YAG) ، مواد شیشه‌ای (نظیر Nd-Glass)
		نیمه هادی	GA-Al,Ga-As, In-p,In-sb
		پلاسما	الکترون آزاد ، پلاسمای داغ ، پرتوهای ذره‌ای (Sr-He)
۲	محدوده طیف پرتو لیزر	اشعه گاما ، مادون قرمز و محدوده‌ی نور مرئی	مادون قرمز و لیزرها در محدوده‌ی نورمرئی
		اشعه ایکس	یون کریپتون ،یون روی
		ماوراء بنفش	ازت ،اگزایمر
۳	رژیم و نحوه تابش (مشخصات زمانی)	پیوسته (cw)	He- Se, He- Ne گاز کربنیک ،یون کریپتون ، Nd- YAG، نیمه هادی ،لیزر رنگ
		پالس	گاز کربنیک ،لیزر رنگ ، ازت ،اگزایمر ، بخار فلز ، نیمه هادی
۴	توان خروجی	توان کم	برای بسیاری از لیزرها (نظیر لیزر گاز کربنیک) با تغییر شرایط و پارامترها ، امکان تولدی توان‌های مختلف (از کم تا زیاد) با توجه به نوع کاربرد امکان پذیر است .
		توان متوسط	
		توان بالا	
۵	منبع تحریک	پمپاژ نوری	لیزر رنگ - حالت جامد
		پمپاژ لیزری	حالت جامد
		پمپاژ الکتریکی (تخلیه بار الکتریکی و میدان الکتریکی)	گازی ، پلاسمای داغ ، نیمه هادی ، حالت جامد ، لیزر رنگ

		پمپاژ حرارتی	لیزر رنگ ،حالت جامد
		پمپاژ شیمیایی	گازی
		پمپاژ پرتوی الکترونی	نیمه هادی
		پمپاژ الکترویونیزاسیون	گازی
		Recombination	پلاسما
۶	پیچیدگی و ترکیب ساختار	Single Laser	همه انواع لیزر
		Oscillator/Amplifier	لیزر رنگ ، حالت جامد ، نیمه هادی
۷	مشخصات طیف پرتو لیزر	طول موج ثابت	نیمه هادی ، اگزایمر ، He- Ne, CO
		قابل تنظیم	یون آرگون ،گاز کربنیک ، Nd- yag , He- Ne

۲-۷-۱- لیزرهای حالت جامد

لیزرهای حالت جامد معمولاً به لیزرهایی اطلاق می‌شود که محیط فعال آنها شامل بلورهای عایق یا شیشه حاوی مقداری ناخالصی یونی است . در این لیزرها اتم‌های بلور عملاً در فعالیت لیزر دخالتی ندارند و به عنوان یک ماده میزبان و شبکه نگهدارنده ذرات ناخالصی (که این ذرات در حقیقت مراکز فعال می‌باشند .) عمل می کنند . امروزه حدود ۳۰۰ نوع بلور با ماده فعال (نا خالصی یونی) مختلف برای تولید اشعه لیزر به کار می‌روند که در این میان بلورهای اکسید آلومینیم بیشترین کاربرد را دارند دیگر بلوهای میزبان مواد مختلفی نظیر ترکیب‌های تنگستن با اکسیژن و یا مولیبدن با اکسیژن می‌باشند برای این که بلور جامد بتواند در فرایند لیزری به کار رود باید شفاف باشد تا امکان ورود نور به درون آن برای تحریک ماده فعال وجود داشته باشد و اشعه لیزر تولیدی نیز بتواند از آن ساطع شود .

یون‌های ناخالصی به یکی از گروه‌های عناصر واسطه در جدول تناوبی (نظیر کروم ، نیکل و کبالت) ، فلزهای خاکی کمیاب (بخصوص نئودیمیم، اربیم و هولمیم) و فلزهای قلیایی خاکی (نظیر باریم ،استرانسیم و کلسیم) تعلق دارند . در لیزرهای حالت جامد ، بیشتر از پمپاژ نوری جهت تحریک ماده فعال استفاده می‌شود . به عبارت

دیگر با کمک فلاش‌های تخلیه نور یا لامپ و نظایر آن و در اثر جذب نور ، مواد فعال برای تولید لیزر برانگیخته می‌شوند.

جدول ۲-۲- اصلی‌ترین انواع لیزرهای حالت جامد

نوع لیزر		طول موج (نانومتر)
Ruby		۶۹۴
Nd	YAG	۱۰۶۴
	YLF	۱۰۴۷
	YALO	۱۰۵۳
	Silicate Glass	۱۰۶۲
	Phosphate Glass	۱۰۵۴
Er	YAG	۲۹۴۰
	YLF	۱۲۳۰
	Glass	۱۵۴۰
Ho	YAG	۲۰۷۰
	YLF	۲۰۶۶
	KTP	۵۳۲
Alexandrite		۷۰۱-۸۲۶
Ce-Laf$_3$		۲۸۶
Ce-YLF		۳۰۹-۳۲۵
Co-Mgf$_2$		۱۵۰۰-۲۳۰۰
Cr-GSGG		۷۴۲-۸۴۲
Cr-KZnf$_3$		۷۸۰-۸۵۰
Ti-sapphire		۶۶۰-۹۸۶
Cr-Emerald		۷۲۸/۸-۸۰۹
Yvo$_4$		۱۰۶۴
Er,Cr-YSGG		۲۷۸۰

۲-۷-۲- لیزرهای مایع

در لیزرهای مایع که به آنها « لیزرهای رنگینه » ، « لیزرهای رزینه‌ای » و « لیزرهای مواد رنگی » نیز اطلاق می شود ، از مواد مایع به عنوان محیط فعال استفاده می‌کنند . ماده فعال ، محلول مایع مواد آلی رنگی یا مایع‌هایی است که به نحو خاصی با عناصر خاکی کمیاب موجود در طبیعت نظیر اروپیم (به صورت Eu^{+2}) با نئودیمیم (به صورت Nd^{+3}) ممزوج شده‌اند این مایع‌های مخصوص می‌توانند به دو صورت ترکیب‌های آلی – فلزی و یا محلول‌های غیر آلی باشند .

عمده لیزرهای مایع را لیزرهای مواد آلی رنگی تشکیل می‌دهند . به عبارتی امروزه لیزرهای مایع تقریباً به طور کامل با لیزرهای رنگ ، شروع و به آن ختم می شوند . محیط فعال آنها یک ترکیب آلی فلوئورسنت (نوعی رنگ) در یک حلال مایع می‌باشد در این محیط فعال ، مواد آلی رنگی (رنگینه) در یک حلال مایع نظیر آب ، الکل (اتانول یا متانول) ، مخلوط آب و الکل ، تولوئن ،بنزن ، استن ، دی متیل ، سولفوکسید ، اتیلن گلیکول و.. حل می‌شوند . این مواد ترکیب‌های پیچیده آلی می‌باشند که دارای طیف جذبی گسترده‌ای هستند .

امروزه لیزرهایی با بیش از ۲۰۰ نوع مواد رنگی ساخته شده‌اند و تا کنون صدها رنگینه فلورسنت شناسایی شده است که می‌توانند پرتو لیزر ایجاد کنند . برای تولید لیزرهای رنگی ، استفاده از رنگ‌های آلی در فاز بخار یا قرار گرفته در یک ماده جامد به عنوان میزبان نیز به جای کاربرد حلال امکان پذیر می‌باشد ، اما روش‌های مذکور در مرحله تحقیقاتی هستند و هنوز به صورت تجاری مطرح نشده‌اند .

تحریک لیزرهای رنگ عمدتاً با لامپ‌های گزنون و یا با لیزرهای گازی (یون آرگون و نیتروژن) صورت می‌پذیرد. البته در مواردی نیز برای تحریک و پمپاژ از دیگر لیزرهای گازی و جامد (نظیر بخار مس ، اگزایمر ، کریپتون ، Nd- YAG و ...) هم استفاده می‌شود .

لیزرهای رنگ می‌توانند براساس نوع لیزر دارای رژیم‌های تابش پیوسته و پالس (حتی پالس‌های بسیار کوتاه) باشند. در این لیزرها به علت وجود مواد آلی رنگی ، پرتو لیزر درگستره وسیعی از طول موجها (از حدود ۲۱۶ نانومتر در منطقه ماوراء بنفش و تمامی طیف مرئی تا حدود ۱۸۰۰ نانومتر در منطقه مادون قرمز) تولید

می‌شود لذا براساس نوع رنگ ، منبع تحریک ،نحوه طراحی لیزر و نوع قطعات اپتیکی ، می‌توان شرایطی را فراهم کرد که امکان تنظیم ، انتخاب و خروج تنها یک طول موج مورد نظر فراهم شود .

بیشتر طول موج‌های ایجاد شده در لیزر رنگ ، در ناحیه مرئی است . از آنجا که مواد رنگی آلی بکار گرفته شده در لیزرهای مذکور عموماً برای سلامتی انسان مضر می‌باشند ، لذا کار با آنها شرایط ویژه‌ای را می طلبد.

جدول ۲-۳- اصلی‌ترین انواع لیزرهای مایع

نوع رنگ	مهم‌ترین طول موج (نانومتر)	محدوده طول موج (نانومتر)	منبع تحریک (پمپاژ)	نوع حلال
P – ترفنیل (P-Terphenyl)	۳۴۰	۳۲۳-۳۶۴	KrF(۲۴۹ نانومتر)	سیکلوهگزان
	۳۴۰	۳۳۳-۳۴۸	Nd-YAG(۲۶۶نانومتر)	سیکلوهگزان
	۳۴۱	۳۳۴-۳۴۷	XeCl(۳۰۸ نانومتر)	سیگلوهگزان
	۳۴۱	۳۳۵-۳۵۵	فلاش لامپ	دی متیل فرم آلدئید
	۳۴۱	۳۳۵-۳۴۹	XeCl(۳۰۸ نانومتر)	دی اکسان – P
استیلبن ۴۲۰(stilbene 420)	۴۲۴	۴۱۰-۴۵۴	XeCl(۳۰۸ نانومتر)	اتانول – آب (۹ به ۱)
	۴۲۴	۴۱۱-۴۳۶	Nd- YAG(۳۵۵ نانومتر)	متانول
	۴۲۵	۴۰۰-۴۶۰	N_2 (۳۳۷ نانومتر)	اتانول – آب (۱ به ۴)
	۴۲۵	۴۰۵-۴۶۷	XeCl(۳۰۸ نانومتر)	اتانول
	۴۲۵	۴۰۸ -۴۵۳	N_2 (۳۳۷ نانومتر)	متانول
	۴۳۲	۴۰۶-۴۴۸	Ar(ماوراء بنفش)	اتیلن گلیکول – متانول (۱ به ۹)
رودامین ۵۹۰(Rhodamine 590) یا رودامین 6G (Rhodamine 6G)	۴۴۵	۴۲۱-۴۶۸	N_2 (۳۳۷ نانومتر)	آب
	۴۴۹	۴۲۰-۴۷۰	Ar(ماوراء بنفش)	اتیلن گلیکول
	۵۶۰	۵۴۸ -۵۸۰	Nd- YAG(۵۳۲ نانومتر)	متانول
	۵۷۲	۵۶۴ -۶۰۰	بخار مس	اتانول
	۵۷۹	۵۶۸ -۶۰۵	N_2 (۳۳۷ نانومتر)	اتانول
	۵۸۳	۵۶۶-۶۱۰	XeCl(۳۰۸ نانومتر)	متانول

	۵۸۷	۵۶۵ -۶۱۵	فلاش لامپ	متانول
	۵۹۰	۵۷۰ -۶۵۰	Ar(۴۵۸و ۵۱۴ نانومتر)	اتیلن گلیکول
	۵۹۶	۵۷۷ -۶۱۴	فلاش لامپ	متانول – آب (۱ به ۳)
	۶۰۲	۵۶۰-۶۵۴	Kr (آ بی - سبز)	متانول – اتیلن گلیکول
	۶۱۰	۵۸۵-۶۳۳	فلاش لامپ	۴٪ آمونیکس LO در آب

۲-۷-۳- لیزرهای گازی

در لیزرهای گازی انواع خاصی از گاز یا مخلوطی از گازها به صورت مولکول (نظیر گازکربنیک) ، یون مثبت (نظیر آرگون)، اتم (نظیر هلیم - نئون) و مولکول دو اتمی تحریک شده یا اگزایمر (نظیر فلورید آرگون) درون کاواک در جریان می‌باشند که نقش محیط فعال را ایفا می کنند . مهمترین مواد گازی مورد استفاده در لیزرهای گازی به عنوان ماده فعال یا ماده کمکی شامل ، هلیم ، نئون ،گاز کربنیک ، نیتروژن ، بخار آب ، کریپتون ، آرگون ، گزنون (زنون) ، بخار سزیم ، بخار مس ، بخار طلا و ترکیب‌های هالوژنه گازهای نادر نظیر فلورید کریپتون ، فلورید گزنون ، فلورید آرگون و کلرید گزنون می‌باشند .

عمل تحریک و برانگیختگی در لیزرهای گازی عموماً توسط تخلیه الکتریکی و یا روش پمپاژ نوری انجام می‌پذیرد . اما در برخی از لیزرها که به لیزرهای شیمیایی معروف می‌باشند ، از واکنش شیمیایی جهت تحریک گاز استفاده می‌شود . لیزرهای گازی براساس نوع محیط فعال می‌توانند در محدوده ماوراء بنفش ،مادون قرمز ، و ناحیه مرئی ، لیزر تولید کنند .

جدول ۴-۲- اصلی‌ترین انواع لیزرهای گازی

نوع لیزر	طول موج (نانومتر*)	
لیزرهای اتمی HeNe	۲۶۷/۹، ۵۴۳/۳، ۶۱۱/۸، ۸۲/۳،۱/۶۲۹،۶۳۵/۶۳۲، ۶۴۰/۱، ۷۳۰/۵،۱۱۵۲/۳، ۳/۱،۳۳۹۱/۲۳۹۵ نانومتر و ۱۳۲/۸میکرون	پیوسته
XeNe	۲۰۲۶/۱، ۳۵۰۶، ۵۵۳۷/۸ نانومتر (بیشتر خطوط لیزر در محدوده طول موجهای ۵۵۷۳/۸ – ۲۰۲۶/۱ نانومتر)	پیوسته
Ar	۵۰ خط لیزر متفاوت در محدوده طول موج‌های ۷۰۰ نانومتر تا ۳۰ میکرون	پیوسته و پالس
لیزرهای یونی یون Ar	بیشتر خطوط لیزر در محدوده طول موج‌های ۴۵۰- ۲۷۵ نانومتر و همچنین ۴۵۴/۵ ، ۴۵۷/۹ ، ۴۶۵/۸ ، ۴۷۲/۷ ، ۴۷۶/۵، ۵/۹،۷۶۳/۴۸۸،۵۰۱/۴۹۶ ، ۵۱۴/۵ و ۵۲۸ /۷ نانومتر	پیوسته و پالس
یون Kr	۴۱۳/۱، ۴۶۸، ۵۲۰/۸ ، ۵۳۰/۹ ،۶۴۷/۱	پیوسته و پالس
یون Ne	بیشتر خطوط لیزر در محدوده طول موج‌های ۳۸۰- ۳۳۰ نانومتر	پیوسته
یون xe	۵۲۶، ۵۳۵و ۵۴۰	پیوسته
Kr^{++}	۳۵۰/۷	پیوسته و پالس
Ne^{++}	۲۳۵/۸	
Ge,Hg,Se,cd,pb,Au,Ag	خطوط لیزری مختلف در محدوده طیف مرئی و ماوراء بنفش	پیوسته و پالس
لیزرهای مولکولی CO	تعداد خطوط لیزر در محدوده طول موج‌های ۶۵۰- ۵۰۰ نانومتر	پیوسته و پالس
CO_2	۲۰۰ خط لیزر متفاوت در محدوده طول موج‌های ۸-۱۸ میکرون که مهم‌ترین آنها ، طول موج‌های ۹/۶ و ۱۰/۶	پیوسته و پالس

	میکرون	
N_2O	تعداد خطوط لیزر متفاوت در محدوده طول موج‌های ۴۵۰- ۱/۰۳ میکرون	پیوسته و پالس
N_2	۳۳۷/۱ نانومتر و تعداد خطوط لیرز در محدوده طول موج‌های ۴۵۰-۲۵۰ نانومتر	پالس
H_2O	۲۷/۹ ، ۷۸، ۱۱۸ میکرون	پالس
CH_3CN	۳۳۶/۷ میکرون	پیوسته
لیزرهای اگزایمر F_2	۱۵۷	پالس
ArF	۱۹۳	پالس
arCl	۱۷۵	پالس
ArBr	۱۶۱	پالس
KrF	۲۴۹	پالس
KrCl	۲۲۲	پالس
KrBr	۲۰۶	پالس
KrI	۱۸۵	پالس
XeF	۳۵۱	پالس
XeCl	۳۰۸	پالس
XeBe	۲۸۲	پالس
XeI	۲۵۳	پالس
لیزرهای بخار فلز بخار طلا	۶۲۸	پیوسته
بخار مس	۵۱۰و۵۷۸	پیوسته و پالس
دیگر لیزرها** HeCd	۳۲۵،۴۴۲،۵۳۴،۵۳۸	پیوسته

$Ar\text{-}O_2$, $Ne - O_2$, $Kr\text{-}O_2$	۸۴۴/۶	پیوسته
CH_3I, CF_3I	۱۳۱۵	پیوسته

*همه طول موج‌ها برحسب نانومتر هستند مگر آنکه به طور خاص بر حسب واحد دیگری مشخص شده باشند .

** طول موج های ارائه شده ، انتخابی می‌باشند اما تعدادی خطوط لیزری با طول موج بزرگ‌تر نیز وجود دارند.

۲-۷-۴ – لیزرهای نیمه هادی

در لیزرهای نیمه هادی که « لیزرهای نیمه رسانا » یا « لیزرهای دیود » نیز نامیده می‌شوند ، از کریستال مواد نیمه هادی با ابعاد بسیار کوچک به عنوان ماده فعال استفاده می‌کنند . مواد نیمه هادی از نظر هدایت الکتریکی در حد واسط بین مواد هادی و عایق الکتریسیته قرار دارند . مواد هادی نظیر انواع فلزها رسانای خوب الکتریسیته می‌باشند درحالی که مواد عایق نظیر پلاستیک ، لاستیک وشیشه ،نارسانا محسوب می‌شوند . در این میان ، مواد نیمه هادی در حالتی بینابین قرارگرفته‌اند که قادرند به میزان کمی برق را منتقل کنند .

در بسیاری از لیزرهای نیمه هادی ، دو لایه از مواد نیمه هادی (مثلاً کریستال GaAs) که حاوی مواد ناخالصی متفاوتی می‌باشند ، به یکدیگر متصل شده‌اند یکی از لایه‌ها ،حاوی عنصری به عنوان یک ماده اضافی است که دهنده الکترون می‌باشد (نظیر تلوریم) و سبب می‌شود ماده ، دارای الکترون اضافی (بار الکتریکی منفی) باشد (نیمه هادی نوع N) ولایه دیگر ، حاوی عنصری اضافی است که گیرنده الکترون می‌باشد (نیمه هادی نوع P) با عبور جریان برق از این دو ماده نیمه هادی (که جفت یا اتصال P-N را تشکیل می‌دهند) ، الکترون‌های تحریک شده از ماده نوع N به نوع P انتقال می‌یابند . سپس فوتون ، گسیل شده و در نهایت با فرآیندی مشابه آنچه قبلاً برای تولید لیزر گفته شد ، نور لیزر تولید و ساطع می‌شود .

مهم‌ترین و معروف‌ترین مواد مورد استفاده در ساخت لیزرهای نیمه هادی شامل عنصر گالیم (Ga) ، آرسنیک (As) ، آلومینیم (Al) و ایندیم (In) می‌باشند که به صورت کریستال رشد داده می‌شوند و در آنها عناصر ناخالصی خاصی نظیر روی ، تلوریم ، سلنیم ، کادمیم و ... وجود دارد . به عبارتی در لیزرهای نیمه هادی از مواد

رسانای ترکیبی حاوی چند عنصر با غلظت‌های مختلف استفاده می‌شود . لیزرهای نیمه هادی می‌توانند در هر دو حالت پیوسته و پالس فعالیت کنند . لایه‌های نیمه هادی این لیزرها ، ابعادی درحد میکرون دارند ، لذا لیزرهای مذکور به جهت اندازه و حجم بسیار کوچک می‌باشند .

برای تحریک لیزرهای نیمه هادی عموماً از پمپاژ نوری ،اشعه الکترونی و یا اعمال جریان الکتریکی مستقیم برای تزریق الکترون استفاده می‌شود پرتو خارجی این لیزرها برخلاف دیگر انواع لیزرها بسیار واگرا می‌باشد . در سال‌های اخیر ، طول عمر لیزرهای نیمه هادی بسیار افزایش یافته و حتی به ۲۰۰۰۰ ساعت رسیده است . این لیزرها به شوک الکتریکی و الکتریسیته ساکن حساس می‌باشند که این موارد ، سبب کاهش عمر آنها می‌شود .

برای کاربردهای لیزرتراپی که خواص عبور و جذب لیزر در بافت بیشتر مطرح می‌باشد ، معمول‌ترین محدوده طول موج مورد استفاده ، طیف ۱۵۰۰- ۶۰۰ نانومتر است . لیزرهای مرسوم مورد استفاده نیز عمدتاً شامل InGaAlp, GaAlAS,gAas می‌باشند که البته در مواردی نیز از لیزرهای GaAsSb, Inp, InGap, InAlp, Ga ASP استفاده می‌شود . بیشتر این لیزرها به صورت اتصال P-N می باشد که اثر در تزریق الکترون تحریک شده و به آنها لیزرهای تزریقی نیز اطلاق می‌شود . در جدول (۲-۶) اصلی‌ترین انواع لیزرهای نیمه هادی معرفی شده‌اند .

جدول ۲-۵- اصلی‌ترین انواع لیزرهای نیمه هادی

نوع نیمه هادی	طول موج (نانومتر)	نوع نیمه هادی	طول موج (نانومتر)	نوع نیمه هادی	طول موج (نانومتر)
$Zn_{1-x}cd_xs$	۳۲۰-۴۹۰	$In_xGa_{1-x}p$	۵۹۰-۹۱۰	$InAs_{0.98}sb_{0.02}$	۳۱۹۰
ZnSe	۴۶۰	InGaAlP	۶۳۰-۶۸۵	$InAs_{0.94}P_{0.06}$	۹۴۲
ZnTe	۵۳۰	InP	۹۱۰	$Cd_{1-x}Hg_xTe$	۳۰۰۰-۱۵۰۰۰
GaSe	۵۹۰	$GaAs_{1-x}sb_x$	۹۰۰-۱۵۰۰	$Cd_{0.32}Hg_{0.68}Te$	۳۸۰۰
$Cdse_{1-x}s_x$	۴۹۰-۶۸۰	$CdSnP_2$	۱۰۱۰	Te	۳۷۲۰
$Cdse_{0.95}\ s_{0.05}$	۶۷۵	$InAs_{1-x}p_x$	۹۰۰-۳۲۰۰	pbs	۴۳۰۰
Cdse	۶۷۵	GaSb	۱۵۵۰	InSb	۵۲۰۰
$Al_xGa_{1-x}As$	۶۳۰ -۹۱۰	$In_{1-x}Ga_xAs$	۸۵۰-۳۱۰۰	PbTe	۶۵۰۰
GaAlAs	۷۸۰،۸۲۰،۸۷۰	$In_{0.65}Ga_{0.35}As$	۱۷۷۰	$PbS_{1-X}Se_x$	۳۹۰۰-۸۵۰۰
$GaAs_{1-x}p_x$	۶۱۰-۹۲۰	$In_{0.75}Ga_{0.25}As$	۲۰۷۰	PbSe	۸۵۰۰
CdTe	۷۸۵	Cd_3P_2	۲۱۰۰	PbSnTe	۲۸۰۰۰
GaAs	۸۳۰ -۹۱۰، ۹۰۴،۹۰۵	InAs	۳۱۰۰	PbSnSe	۸۰۰۰-۳۴۰۰۰
$In_xAl_{1-x}p$	۵۵۰-۹۱۰	$InAs_{1-x}sb_x$	۳۱۰۰-۵۴۰۰		

۲-۷-۵- لیزرهای پلاسما

در این نوع لیزرها، پلاسما نقش محیط فعال را ایفا می کند . برای یونیزه کردن محیط فعال لیزرهای پلاسما از ضربه‌های الکتریکی سریع استفاده میشود . محیط فعال لیزرهای پلاسما ،مخلوطی از ترکیب‌های فعال لیزری قابل یونیزه شدن و ترکیب‌های کمکی می‌باشد این ترکیب‌های کمکی به سختی یونیزه می‌شوند و عموماً به منظور سرد کردن الکترون‌های آزاد در پلاسما بکار می‌روند . گازهای یونیزه فلزهای قلیایی خاکی نظیر منیزیم ، کلسیم ،استرانسیم و باریم از جمله مواد فعال لیزرهای پلاسما می‌باشند .

فصل سوم:

انواع لیزرها و اصول دستگاه‌های لیزرتراپی

۳-۱- مقدمه

نور لیزر همیشه :

الف) تک رنگ است .

ب) هم فاز است .

و ممکن است :

ج) واگرایی کمی داشته باشد .

د) توان متوسط خروجی آن بالا باشد .

ه) پلاریزه باشد .

براساس موارد فوق ،نباید تصور کرد که همه انواع لیزرها دارای پرتو موازی با واگرایی کم و توان بالا می‌باشند بلکه لیزرهایی با توان کم و همچنین لیزرهایی با واگرایی زیاد وجود دارند که این نوع لیزرها نیز در بسیاری ازکاربردها از جمله در پزشکی به کار گرفته می‌شوند ، « لیزر تراپی » یا به تعبیری دیگر ، « لیزر درمانی » یکی از جدیدترین کاربردهای لیزر در پزشکی با استفاده از لیزرهای با توان کم می‌باشد که توسط آن و بدون کاربرد داروهای پزشکی ، امکان تسکین درد و درمان بیماری امکان پذیر است البته نام‌های متعدد دیگری نیز نظیر "LILT", "LPLT","LLLT" برای لیزر تراپی بکار می‌روند .

لیزرهای مورد استفاده برای این روش درمانی را « لیزرهای کم توان » یا « لیزرهای با شدت پایین » می‌نامند . برخی نیز لیزرهای مورد استفاده در روش مذکور را "Soft Laser" می‌نامند که عبارتی در مقابل "Hard Laser" می‌باشد که بیشتر برای جراحی با لیزر به کار می‌رود .

نخستین دستگاه‌های لیزر برای کاربردهای پزشکی در قالب لیزر تراپی در نیمه دهه ۷۰ ظاهر شدند . این لیزرها از نوع He-Ne با فیبر نوری بودند که اغلب به نام "soft Laser" شناخته می‌شدند و نخستین خریداران آنها نیز متخصصان پوست و دندانپزشکی بودند برای چندین سال این لیزرها با توان خروجی ۲- ۰/۵ میلی وات و سپس تا ۱۰ میلی‌وات کار می‌کردند .

در اوایل دهه ۸۰، لیزرهای GaAs ظهور کردند البته لیزرهای نیمه هادی (از لیزرهای GaAs نیز از این خانواده می‌باشند) در سال ۱۹۶۲ متولد شدند اما به علت مشکلات مرتبط با فناوری لیزرهای مذکور ، استفاده از آنها تا دهه ۸۰ به تاخیر افتاد . لیزرهای GaAs در آغاز توان کمی در محدوده ۴-۱ میلی‌وات داشتند در ادامه‌ی این روند و در پایان دهه ۸۰، لیزرهای GaAs با شرایط عملکرد پالسی نیز وارد بازار شدند .

لیزرهای GaAS با توان کم نیز در اواسط دهه ۸۰ متولد شدند . این لیزرها به سرعت رشد کردند و در حال حاضر نیز با توان‌های ۱۰۰-۲۰ میلی وات بر بازار حکم فرمایی می‌کنند . این نوع لیزرها در اواخر دهه ۹۰ با توان‌های ۱۰۰۰-۵۰۰ میلی وات نیز عرضه شدند .

در اوایل دهه ۹۰، لیزرهای CO_2 به عنوان ابزارهایی برای لیزر تراپی به کار گرفته شدند در حال حاضر نیز لیزرهای InGaAlP به عنوان جانشینی برای لیزرهای He-Ne به بازار راه یافتند . در مجموع ، امروزه لیزرهای نیمه هادی به علت کوچکی ، سبکی ،دوام و عمر زیاد ،بهره بالا و امکان تولید لیزر با طول موج‌های مختلف در ناحیه مرئی و مادون قرمز با شدت کم ، بهترین انتخاب و پایه و اساس لیزر تراپی یا به عبارتی درمان با لیزرهای کم توان می‌باشند . در سال‌های اخیر ،لیزرهای نیمه هادی در بیش از ۹۵-۹۰ درصد دستگاه‌ها ی لیزرتراپی به کارگرفته شده‌اند .

۳-۲- انواع لیزرها در دستگاه‌های لیزر تراپی

در زمینه پزشکی و کاربردهای درمانی ، انواع متنوعی از لیزرها به کار گرفته می‌شوند . چون براساس شرایط هر بافت و نوع درمان مورد نظر ، به لیزرهایی با طول موج‌ها و توان‌های مختلف نیاز می‌باشد . در جدول (۳-۱) مرسوم‌ترین سیستم‌های لیزرهای مورد استفاده در پزشکی به ذکر طول موج ، محدوده توان متوسط خروجی ، رژیم کاری و نمونه کاربردهای پزشکی آنها آورده شده‌اند .

جدول ۳-۱- نمونه لیزرهای مورد استفاده در پزشکی

نام لیزر	طول موج (نانومتر)	رژیم تابش [پالس (p) و پیوسته (c)]	نمونه کاربرد در پزشکی
لیزرهای حالت جامد			
KTP (پتاسیم- تیتانیل- فسفات)	۵۳۲		درمان عروق سطحی ساق پا
Ruby(یاقوت)	۶۹۴		برداشتن خالکوبی و موهای زائد
Alexandrite (الکساندریت)	۷۵۵		برش استخوان و برداشتن موهای زائد
Nd:YAG(نئودیمیم – یاگ)	۱۰۶۴		نکروز تومورها
Ho:YAG (هولمیم – یاگ)	۲۱۳۰		جراحی و درمان ریشه دندان
Er:YAG(اربیم – یاگ)	۲۹۴۰		لایه برداری پوست و سوراخ کردن دندان
Ti:Sapphire(تیتانیم – یاقوت کبود)	۷۰۰-۹۰۰		فتودینامیک تراپی (PDT)
لیزرهای نیمه هادی			
In Ga AlP (ایندیم – گالیم – آلومینیم – فسفید)	۶۳۰-۶۸۵		تحریک بیولوژیک
GaAl As(گالیم – آلومینیم – آرسناید)	۷۸۰-۸۲۰-۸۷۰		تحریک بیولوژیک و جراحی
GaAs (گالیم – آرسناید)	۹۰۵و۹۰۴		تحریک بیولوژیک
لیزرهای مایع			
Dye Laser	قابل تنظیم		سنگ کلیه
Rhodamine	۵۶۰-۶۵۰		فتودینامیک تراپی و پوست
لیزرهای گازی			
Excimer(اگزایمر)	۳۰۸و۲۴۸و۱۹۳		چشم وجراحی عروق
Argon(آرگون)	۳۰۵-۵۱۴		پوست و چشم
Copper Vapour(بخار مس)	۵۷۸		پوست

HeNe(هلیم – نئون)	۶۳۳و۳۳۹۰		تحریک بیولوژیک
CO_2 (گاز کربنیک)	۱۰۶۰۰		پوست و جراحی

همانگونه که در بالا اشاره شد ، لیزرهای مذکور پر مصرف‌ترین و معمول‌ترین انواع لیزرهای بکار گرفته شده در پزشکی می‌باشند اما تعداد لیزرهای مورد استفاده بسیار بیشتر از جدول مذکور است . در محدوده لیزر تراپی ، از لیزرهای کم توان استفاده می‌شود . مرسوم‌ترین انواع لیزرهای مورد استفاده در لیزرتراپی به شرح زیر می‌باشند :

- **لیزرهای نیمه هادی شامل :**

الف) GaAs (۹۰۴ نانومتر)

ب) GaAlAs (۸۳۰- ۷۸۰ نانومتر)

ج) InGaAlP (۶۳۵- ۶۳۳ نانومتر)

- لیزرهای گازی شامل :

د) CO_2(۱۰۶۰۰نانومتر)

هـ) He-Ne (۶۳۳نانومتر)

و) Kr (۶۴۷ نانومتر)

- لیزرهای حالت جامد شامل :

ز) Nd- YAG (۱۰۶۴ نانومتری)

ح) Ruby (۶۹۴ نانومتر)

۳-۲-۱- لیزر هلیم – نئون

این لیزر (He-Ne) ، قدیمی‌ترین و براساس تحقیقات انجام شده تا کنون معتبرترین لیزر مورد استفاده در زمینه لیزر تراپی می‌باشد . محفظه آن لوله‌ی شیشه‌ای حاوی مخلوطی از گازها با فشار کم می‌باشد که به یک منبع ولتاژ بالا متصل شده است (شکل ۳-۱) در این لیزر مولکول‌های نئون ماده فعال اصلی می‌باشند و اتم‌های هلیم نیز جهت بهینه سازی شرایط تولید لیزر به آن افزوده می‌شوند . لیزر He – Ne نور مرئی قرمز رنگ با طول موج ۸/ ۶۳۲ نانومتر تولید می‌کند . اما در این لیزر ،امکان تولید نور با طول موج‌های ۵۴۴- ۵۹۴-۶۰۴، ۶۱۱ نانومتر در ناحیه بینایی با رنگ‌های زرد ، نارنجی و سبز نیز وجود دارد . همچنین می‌توان در ناحیه مادون قرمز با طول موج‌های ۱۱۵۲ ، ۱۵۲۳ و ۳۳۹۲ نانومتر هم لیزر داشت .

لیزر He- Ne عموماً به صورت پیوسته کار می‌کند ولی امکان بکارگیری سیستم پالس نیز برای آن وجود دارد . توان خروجی معمول آن ، ۱۰-۰/۵ میلی وات است که البته تا توان ۱۰۰ میلی‌وات نیز امکان پذیر می‌باشد . پرتو لیزر He-Ne را می‌توان به صورت مستقیم یا توسط فیبر نوری به خارج انتقال داد .

این لیزرها عموماً به علت نوع محفظه آنها ، نسبت به دیگر دستگاه‌های لیزر تراپی ،حجیم ،بزرگ و حساس می‌باشند و بازده آنها نیز کم است .

عموماً در ابزارهای لیزر تراپی ، نور لیزر هلیم – نئون از طریق فیبر نوری مورد استفاده قرار می‌گیرد در این حالت نور به میزان ۵۰-۲۰ درصد کاهش خواهد داشت . البته امکان افزایش کارآیی این لیزر با بکارگیری تجهیزات خاصی وجود دارد ، اما سبب افزایش قیمت آن خواهد شد . عمق نفوذ این لیزر ، ۸-۶ میلی‌متر با توان خروجی ۳/۵ میلی‌وات در حالت تماس با پوست و ۱۰-۸ میلی‌متر برای توان خروجی ۷ میلی‌وات است . بنابراین عمق نفوذ آن تنها به میزان کمی با افزایش توان خروجی ، افزایش می‌یابد .

۳-۲-۲- لیزر ایندیم – گالیم – آلومینیم – فسفید

این نوع لیزر (InGaAlP) ،که در برخی مراجع نیز GaAlInP گفته می‌شود ، از لیزرهای نیمه هادی می باشد که از کریستالی حاوی گالیم ،آلومینیم ، ایندیم و فسفر تشکیل شده است ونوری در محدوده طول موج ۶۸۵-

۶۳۰ نانومتر ساطع می‌کند . نوعی از این لیزرها با محدوده طول موج ۶۷۰-۶۵۰ نانومتر با توان حدود ۱ میلی‌وات برای نشان‌گرهای مورد استفاده در سخنرانی‌ها بکار می‌روند .

امروزه لیزرهای InGaAlP با طول موج‌های پایین (۶۳۵- ۶۳۳ نانومتر) توانسته‌اند به میزان وسیعی جانشین لیزر He-Ne (با طول موج ۶۳۳ نانومتر) در کاربردهای لیزر تراپی شوند ؛ چون این لیزرها ، ارزان‌تر ،کوچک‌تر و کاراتر می‌باشند .

۳-۲-۳- لیزر گالیم – آلومینیم – آرسناید

این نوع لیزرها (GaAlAs) نوع جدیدی از خانواده لیزرهای نیمه هادی می‌باشند که وضعیت نور خروجی آنها به درصد هر یک از مواد تشکیل دهنده کریستال بستگی دارد . لذا طول موج انتخابی آنها در محدوده ۸۶۰-۶۶۰ نانومتر تغییر می‌کند که البته برای کاربردهای درمانی ،بیشتر در محدوده ۸۳۰-۸۲۰ نانومتر (ناحیه مادون قرمز) و ۶۷۰ نانومتر (قرمز) به کار گرفته می‌شوند . این لیزرها نیز عموماً در شرایط عملکرد پیوسته مورد استفاده قرار می‌گیرند ولی امکان بکارگیری آنها با رژیم پالس نیز وجود دارد .

عمق نفوذ لیزرهای مذکور ، حدود ۳-۲ سانتی‌متر است .

لیزرهای GaAlAs در دهه‌ی ۹۰ به میزان گسترده‌ای توسعه یافتند . در سال‌های اخیر ، این نوع لیزرها با توان تا یک وات (۱۰۰۰ میلی‌وات) نیز به بازار عرضه شده‌اند اما برای لیزر تراپی عموماً توان‌ها کمتر (۳۰-۱۰ میلی‌وات) بکار گرفته می‌شوند .

۳-۲-۴- لیزر گالیم _ آرسناید

این نوع از لیزرهای نیمه هادی (GaAs) ، پرتویی با طول موج ۹۰۴ نانومتر در محدوده مادون قرمز نزدیک انتشار می‌دهند .لیزرهای GaAs در شرایطی پالسی با پالس‌های کوتاه (۲۰۰- ۱۰۰ نانوثانیه) و توان بالا (حداکثر ۱۰۰وات) کار می‌کنند .

لیزرهای مذکور به علت تولید پالس‌های کوتاه در شرایط یکسان از نظر شدت خروجی با دیگر لیزرها ، از قدرت نفوذ بالاتری برخوردار هستند و عمق نفوذ آنها می‌تواند براساس نوع بافت ، ۵-۳ سانتی‌متر باشد . این لیزرها بسیار کوچک می‌باشند و واگرایی اشعه آنها ۳۰-۱۵ درجه است که گاهی تا ۹۰ درجه نیز افزایش می‌یابد.

۳-۲-۵- لیزر گاز کربنیک

در این نوع لیزر (CO_2) ، جزء اصلی تشکیل دهنده آن (ماده فعال اصلی) ،دی اکسید کربن می‌باشد که البته چند گاز کمکی (نظیر هلیم ونیتروژن) نیز برای بهبود شرایط کارکرد آن به محفظه لیزر افزوده می‌شوند . این لیزر ، تشعشعی با طول موج در محدوده ۱۱-۹ میکرون تولید می کند ، اما طول موج اصلی آن ۱۰/۶ میکرون (۱۰۶۰۰ نانومتر) در محدوده بالای طیف مادون قرمز است . که چشم انسان قادر به دیدن آن نمی‌باشد . لذا عموماً در کاربردهای پزشکی از لیزر دیگری با طول موجی در محدوده مرئی (نظیر لیزر هلیم – نئون یا برخی لیزرهای نیمه هادی) به عنوان لیزر راهنما (لیزر کمکی) در کنار لیزر CO_2 استفاده می کنند . بدین منظور ، طراحی و نحوه عملکرد دستگاه به گونه‌ای می باشد که هر دو طول موج مادون قرمز و مرئی به صورت موازی و منطبق بر هم از دستگاه خارج شوند تا پزشک بتواند با دنبال کردن مسیر پرتو لیزر راهنما، مسیر دقیق پرتو لیزر CO_2 را برای درمان تشخیص دهد .

از امتیازهای این لیزر ، تولید تشعشعی با طول موج بلند می‌باشد که سبب جذب آن به میزان وسیع توسط آب و موادی حاوی آب (نظیر بافت) می‌شود . این نرخ بالای جذب در آب و مواد آلی ، سبب شده است که لیزر CO_2 به میزان وسیعی برای عملیات روی پوست و غشاهای مخاطی بکارگرفته شود . از طرفی ، این موضوع سبب کاهش خطر لیزر CO_2 برای چشم شده است چون تشعشع لیزر نمی‌تواند در قرنیه یا لنزهای چشم نفوذ کند و در نتیجه به شبکیه نیز نمی‌رسد . البته در صورت تابش غیر منتظره یا متمرکز کردن پرتو ، امکان صدمه و آسیب دیدن قرنیه وجود دارد که در این حالت ، عینک‌های معمولی یا پوشش‌های پلاستیکی یا شیشه‌ای درون یک قاب مناسب می‌توانند برای محافظت جوابگو باشند .

یکی از معایب طول موج بلند لیزر CO_2 ، مشکل انتقال این اشعه از طریق فیبرهای نوری به میزان مناسب می‌باشد . درحال حاضر فیبرهای ساخته شده از نمک‌های هالید نقره برای این منظور استفاده می‌شود . همچنین لوله‌های کوچک ، نازک و انعطاف پذیری از تک کریستال یاقوت نیز برای هدایت امواج بکار می‌رود . اما درحال حاضر بهترین روش برای خروج اشعه لیزر CO_2 از محفظه تولید آن ، بکارگیری بازوهای چند قسمتی حاوی آینه‌های مخصوص است که البته با مشکلاتی نظیر گرانی نسبی و حساسیت به ضربه و تکان‌های ناگهانی همراه می‌باشند علاوه بر این لوله‌های پلاستیکی و شیشه‌ای کوچک با پوشش داخلی از لایه‌های عایق نیز برای هدایت اشعه مناسب می‌باشند .

لیزرهای CO_2 می‌توانند بسیار قدرتمند و با خروجی‌های تا چند میلیون وات نیز ساخته شوند که البته در این حالت ، حجم آن بسیار بزرگ و در حد یک خانه خواهد بود . اما در کاربردهای پزشکی (بخصوص جراحی) ،از توان‌های تا چند ده وات آن استفاده می‌شود . در کاربردهای درمانی نیز توان‌های کم آن به کار می‌رود و برای جلوگیری از سوختگی احتمالی بافت ، با کمک تجهیزاتی نظیر لنزهای خاص ، پرتو لیزر را در محیط گسترده‌تری بر روی بافت پخش می‌کنند . امروزه این لیزرها علاوه بر کار در شرایط پالسی و پیوسته ، می‌توانند در حالت سوپر پالس نیز فعالیت کنند .

یکی از مزایای لیزر CO_2 در لیزر تراپی ، چگالی توان بالای آن می‌باشد این موضوع سبب می‌شود بتوان سطح وسیعی را در مدت کوتاهی تحت درمان قرار داد تا طول مدت درمان کوتاه شود . اما به علت گران بودن لیزر CO_2 لیزرهای نیمه هادی جانشین آن شده‌اند .

۳-۲-۶- لیزرهای نئودینیم – یاگ

این نوع لیزرها (Nd- YAG) متداول‌ترین لیزرهای حالت جامد و از خانواده لیزرهای یاگ می‌باشند . که در آنها نور توسط یک تک کریستال سخت و درخشان ایتریم - آلومینیم – لعل (YAG) حاوی یون‌های اضافی عنصر نئودیمیم (جایگزین شده به جای برخی یون‌های ایتریم) ،تولید می شود . طول موج اصلی این لیزر ، ۱۰۶۴ نانومتر در ناحیه مادون قرمز است . لیزرهای Nd- YAG مدت زیادی برای کاربردهای جراحی بکارگرفته

می‌شوند اما به تدریج لیزرهای CO_2 به علت خواص برش و تبخیر بهتر ، جایگزین آنها شدند . این لیزرها ، در دندانپزشکی و بطور محدود در لیزرتراپی نیز بکار می‌روند . اثرات مثبت لیزر Nd- YAG بر روی ترمیم بافت استخوانی و تشکیل و ترمیم بافت دندان به طور ثانویه ، توسط « ناگاساوا» و « کاوامورا» در سال‌های ۱۹۹۰ و ۱۹۹۱ ثابت شده است .

۳-۲-۷- لیزر یاقوت

لیزر یاقوت (Ruby) قدیمی‌ترین لیزر ساخت بشر (در سال ۱۹۶۰) می‌باشد در این لیزر حالت جامد ، از کریستال یاقوت برای تولید پرتو استفاده می‌شود . بدین منظور بلوری از اکسید آلومینیم مذاب حاوی مقدار کمی ناخالصی اکسید کروم را به صورت میله‌ای رشد می دهند تا یاقوت مصنوعی میخکی رنگی حاصل شود . در این بلور ، یون‌های کروم به عنوان مراکز فعال برای تولید پرتو لیزر درون ماده میزبان (بلور اکسید آلومینیم) ، نقش ایفا می‌کنند .

نورحاصل از لیزر یاقوت به رنگ قرمز سیر و به صورت پالس با طول موج ۶۹۴ نانومتر انتشار می‌یابد . این لیزر بازده نسبتاً کمی دارد و در « تحریک بیولوژیک » پوست و دندانپزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد .

۳-۲-۸- لیزر کریپتون

لیزر کریپتون (Kr) ،نوعی لیزر گازی از نوع یونی است که نوری با طول موج ۶۴۷ نانومتر (نور قرمز) ساطع می‌کند . البته امکان تولید نور سبز ، زرد ، قرمز و آبی نیز برای این لیزر وجود دارد . در این لیزر از گاز خنثی کریپتون به صورت خالص به عنوان ماده فعال استفاده می‌شود . لیزر کریپتون برای درمان تب خال بکار می رود. این لیزر، بازده کمی دارد و گران می‌باشد لذا کاربردهای لیزر تراپی آن محدود است .

۳-۳- شرایط انتخاب و بکارگیری دستگاه لیزر تراپی

همانگونه که پیش از این اشاره شد ، اصلی‌ترین لیزرهای مورد استفاده در لیزر تراپی ، انواع لیزرهای GaAs ، GaAlAs و HeNe (که به تدریج لیزر InGaAlP جانشین آن شده است) می‌باشند . این لیزرها می‌توانند به صورت مجزا یا آن که به صورت تلفیقی از چند لیزر در قالب دستگاهای لیزری ارائه شوند . اما سوال اینجاست که چه نوع لیزری می‌تواند برای ما مناسب باشد ؟

با توجه به نواحی اثر این لیزرها و نوع بیماری‌های قابل درمان با آنها باید گفت هیچ کدام از لیزرهای مذکور به صورت کامل و مطلق نمی‌توانند جوابگوی همه کاربردهای درمانی مورد نظر باشند .

به عبارت دیگر هر لیزری قابلیت‌های خاص خود را دارد و بنابراین ، انتخاب لیزر باید براساس نوع نیاز پزشک و علاقه‌مندی‌های او انجام شود . برخی ازعوامل موثر در انتخاب دستگاه لیزر ، موارد زیر می‌باشند :

۱- نوع کاربردهای درمانی مورد نظر

۲- بودجه در نظر گرفته شده برای خرید لیزر

۳- نوع پروب‌ها براساس ناحیه و بافت تحت تابش

۴- نوع پروب‌ها براساس قابلیت‌های آنها (کار با یک طول موج یا ترکیبی از دو طول موج مختلف یا ترکیبی از لیزر و LED)

۵- قابلیت استریل کردن پروب

۶- قابلیت جابه جایی و انتقال آسان دستگاه

۷- میزان دوز قابل ارائه توسط لیزر

۸- قابلیت محاسبه دوز توسط دستگاه

۹- اندازه ، رنگ ، شکل و ظاهر دستگاه (که در بسیاری موارد اثرهای روانی خاص خود را دارد)

۱۰- ارتباط بین سازندگان دستگاه‌ها با موسسه های تحقیقاتی پزشکی و مراکز درمانی (که در صورت وجود این ارتباط مسلماً اطمینان بیشتری در خصوص قابلیت‌ها و کارایی دستگاه وجود خواهد داشت .)

۱۱- نوع آموزش‌های ارائه شده برای دستگاه

۱۲- میزان ضمانت ارائه شده برای دستگاه

۱۳- سرویس‌ها و خدمات بعد از فروش

در مجموع و براساس عوامل مذکور ، پزشک می‌تواند در میان دستگاه‌های لیزر تراپی متعدد موجود در بازار ، دستگاه مناسب خود را انتخاب کند . پس از انتخاب و تهیه دستگاه ، پزشک باید در هنگام به کارگیری آن ، علاوه بر داشتن مهارت کافی برای کار با دستگاه ، از مسائل ایمنی دراین زمینه نیز اطلاع داشته باشد . همچنین برای آن که بتوان اثر درمانی مناسبی از لیزرهای مذکور داشت ، باید از موارد مختلفی در خصوص مشخصات شناسنامه‌ای دستگاه لیزر و بافت تحت تابش آگاهی داشت . در ادامه ، این موارد به تفکیک آورده شده‌اند :

الف) موارد مهم در خصوص دستگاه لیزر :

۱- توان

۲- اندازه لکه پرتو و سطح تابش

۳- زمان تشعشع

۴- طول موج

۵- رژیم تابش

۶- فرکانس پالس

۷- طول زمان هر پالس

۸- زاویه واگرایی لیزر

ب) موارد مهم در خصوص بافت تحت تابش

۱- میزان جذب و پخش لیزر در بافت

۲- شرایط آستانه برای نابودی بافت (در صورت تابش پرتو لیزر با توان نسبتاً بالا بر بافت ، حرارت تولید می‌شود و تخریب بافت را به همراه دارد)

۳- میزان عمق نفوذ در بافت (لیزرهای محدوده‌ی نور مرئی ، معمولاً ۸-۵ میلی‌متر و لیزرهای مادون قرمز نزدیک ، ۵-۳ سانتی‌متر نفوذ پذیری دارند)

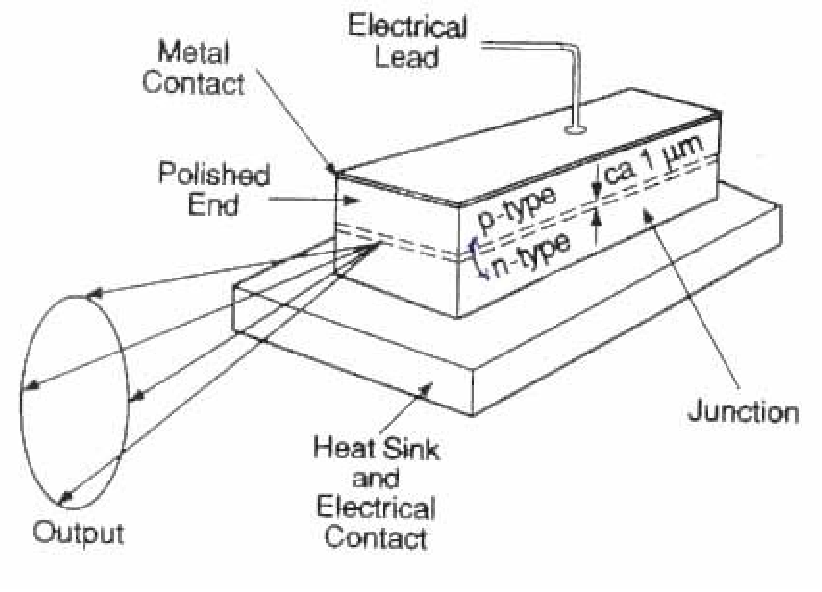
۴-۳ – گذشته ، حال و آینده‌ی دستگاه‌های لیزر تراپی

لیزرهای مورد استفاده در لیزر تراپی در قالب چهار نسل به بازار عرضه شدند . نسل‌های اول و دوم این لیزرها در دهه‌ی ۷۰ و اوایل دهه‌ی ۸۰ ظهور کردند . دستگاه‌های لیزر تولید شده در مقیاس تجارتی در دهه‌ی ۷۰، عموماً دارای توان بسیار کمی بودند و در دهه‌ی ۸۰ این توان به حد ۴۰-۲۰ میلی وات رسید . با ظهور لیزرهای نیمه هادی قوی‌تر با قیمت‌های مناسب ،تجهیزات لیزری با توان تا ۱۰۰۰ میلی وات عمدتاً در محدوده ۸۵۰-۷۸۰ نانومتر و تا ۱۰۰ میلی‌وات برای لیزرهای GaAS ،عرضه شدند . این لیزرها سبب کاهش زمان درمان شدند و همچنین توانمندی‌های جدیدی را نیز ارائه دادند . لیزرهای مذکور ،لیزرهای نسل سوم محسوب می‌شوند .

نسل چهارم این لیزرها هنوز بطور کامل ارائه نشده است . در این نسل ، الزاماً توان‌های خروجی بالاتر توصیه نمی‌شوند بلکه طراحی‌های متفاوتی نیز ظهور کرده‌اند . لیزرهای قلمی برای کاربردهای خانگی و نظایر آن ، لیزرهای قابل اتصال به صورت دستبند یا پوشش و لیزرهایی برای تماس با تمام بدن از این جمله می‌باشند . ایده‌های جدیدی نیز در روسیه در حال تکامل می‌باشد تا آداپتورهایی برای تشعشع از طریق رکتوم و مجرای ادرار مورد استفاده قرار گیرند .

۳-۵- لیزر دیودی و نحوه ساخت آن

خبر ساخت اولین لیزر (لیزر یاقوت) در سال ۱۹۶۰ میلادی در کمتر از چند روز در سراسر جهان طنین انداز شد. گویا سالهای متمادی بود که محققین منتظر تولد این اختراع بی نظیر قرن بوده اند. اینک لیزر با ویژگی-های منحصر به فرد خود شامل همدوسی، تک فامی، واگرایی کم و شدت بالا می توانست زمینه ساز کاربردهای فراوانی در حوزه های مختلف صنعت، نظامی و پزشکی گردد. از همان ابتدا با صرف میلیونها دلار دانشمندان تلاش نموده اند لیزرهایی را طراحی و عرضه نمایند که به جهت اندازه و حجم کوچک بوده اما دارای بهره بالایی باشند. لذا توجه خاصی بر روی لیزرهای نیمه هادی صورت گرفت.مشکلات تکنولوژی ساخت این گونه لیزرها از ابتدای سال ۱۹۶۲ سبب شد که تولید مناسب و بهینه این لیزر دچار یک وقفه طولانی تا سال ۱۹۸۰ شود. و در دهه هشتاد با شدت گرفتن کاربردهای فراوان لیزرهای پزشکی در رشته های مختلف توجه بسیاری از محققین مجدداً به لیزرهای نیمه هادی معطوف شد.از آنجا که فرآیند لیزر تراپی نیازمند به لیزرهایی با شدت پائین و با طول موج ۰/۶۳-۱/۳/Mm می باشد، لیزرهای نیمه هادی و یا دیود لیزرها بهترین کاندید در این زمینه شناخته شدند. اگرچه لیزرهایی دیگری مانند He-Ne و حتی co_2 می توانست در پاره ای از درمانها بکار رود اما هیچیک از آنها نمی توانستند گستردگی کاربردهای لیزرهای نیمه هادی را در بر داشته باشند. امروزه پایه و اساس ۹۸٪ از دستگاه لیزر تراپی دیود لیزرها می باشند که در انواع مختلف طراحی و ساخته می شوند. لیزرهای نیمه هادی یا دیود لیزرها قادرند مانند دیگر لیزرهای گازی و جامد، پرتوی همدوسی که خواص نور لیزر را دارا می باشد، از خود ساطع نمایند. دیود لیزرها از یک اتصال P-N که مابین ۲ لایه نیمه هادی قرار گرفته اند با ضخامتی در حدود چند میکرون تشکیل شده است. هنگامی که یک جریان الکتریکی با ولتاژ ثابت از درون آن می گذرد شاهد ایجاد لیزر در این ناحیه که معروف به ناحیه نشر است می باشیم.


Electrical
Lead
Metal
Contact
Polished
End
p-type
ca 1 μm
n-type
Junction
Heat Sink
and
Electrical
Contact
Output

شکل ۳-۱- شمای ساده یک دیود لیزر

همانگونه که در شکل ۳-۱- نمایش داده شده است پرتو خروجی لیزرهای دیودی بر خلاف دیگر انواع لیزرها بسیار واگرا می باشند. میزان واگرایی در محورهای صفحات عمود بر ناحیه نشر با یکدیگر فرق می کند.

پر واضح است آشنایی جامع و کامل به نحوه ساخت و شرایط لیز نمودن دیود لیزرها می تواند بکارگیری این نسل از لیزرها را برای متخصصین و پزشکان آشنا به لیزر تراپی سهل و آسان نماید. لذا بر آن شدیم تا خلاصه ای ساده که بیان کننده پارامترهای فیزیکی دیود لیزر می باشد، برای پزشکان لیزر تراپی تهیه کنیم. امید است این مختصر بتواند یک دید کلی از ساختار منابع مولد نوری لیزر تراپی در اختیار علاقمندان قرار دهد.

۳-۶- انتقال انرژی در مواد نیمه هادی

مواد نیمه هادی که از جنس کریستال می باشند از نظر هدایت الکتریکی، حد واسط دو نوع موادی هستند که یکی دارای هدایت الکتریکی بالا و دیگری بدون هدایت الکتریکی می باشد.

فلزات از جمله موادی هستند که به دلیل دارا بودن الکترون آزاد به راحتی قادر به عبور جریان الکتریکی از داخل خود می باشند.

هنگامی که دو سر یک فلز را به یک منبع تغذیه متصل کنیم، مشاهده می شود که جریان الکتریکی از داخل آن عبور می کند. همین امر باعث شده است که تمامی خطوط انتقال انرژی الکتریکی از جنس فلزات تهیه شود. اساساً فلزات دارای هدایت الکتریکی متفاوتی می باشند. مثلاً فلز نقره ضریب هدایت الکتریکی بیشتری نسبت به فلز مس دارد.

مواد دیگر مانند عایق ها به دلیل نداشتن الکترون آزاد و وابستگی شدید الکترون های موجود به اتمف امکان حرکت آزادانه برای الکترون میسر نمی باشد، لذا هنگام اتصال این مواد(چوب، پلاستیک) به یک منبع تغذیه، شاهد هیچگونه جریان الکتریکی از داخل آن نمی باشیم.

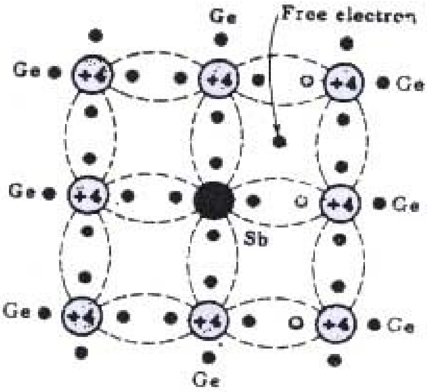
با این توضیح، واد نیمه هادی به جهت وابستگی الکترون به اتم، یک حالت بینابین این دو گروه از مواد را دارا می باشند. به عبارت دیگر الکترون های لایه خارجی معمولاً به اتم متصل می باشند اما یک جریان الکتریکی ضعیف که نشانه یک هدایت الکتریکی است از میان آن قابل گذر می باشد.

مهمترین و معروفترین مواد نیمه هادی، سیلیکون و ژرمانیوم می باشند که کاربردهای فراوانی در ساخت قطعات نیمه هادی (الکترونیکی) مانند یکسو کننده ها، ترانزیستورها داشته و دارند. این دو ماده اگرچه در ساخت لیزرها بکار گرفته نمی شوند اما، مواد دیگری از همین خانواده مانند گالیم و آرسنیک با عدد اتمی ۳۱ و ۳۳ کاربردهای فراوانی در ساخت دیود لیزر دارند.

مواد نیمه هادی مانند سیلیکون به جهت ساختمان اتمی دارای ۴ الکترون در آخرین تراز انرژی خود می باشند. هنگامی که این اتم ها در کنار یکدیگر قرار می گیرند، هر یک از آنها با ۴ اتم دیگر سیلیکون که یک الکترون

خود را با اتم مرکزی به اشتراک گذاشته است یک پیوند کووالانس تشکیل داده و تمامی ظرفیت الکترونی مدار خارجی اتم سیلیکون که با ۸ الکترون پر می شود، تکمیل می کند. شکل (۳-۲)

در یک شبکه کریستالی می توان تصور نمود که اشتراک گذاری الکترون به طور یکنواخت ادامه دارد. این فرآیند نشان می دهد که اتم سیلیکون با پر شدن الکترون های آخرین تراز خود فاقد هر گونه الکترون آزاد خواهد بود. لذا در یک کریستال خالص سیلیکون (نیمه هادی) هدایت الکتریکی امکان پذیر نیست. از آنجا که وابستگی الکترون ها در آخرین تراز به اتم بسیار قوی نمی باشد(در مقایسه با مواد عایق) با دادن مقداری انرژی به سیستم اتمی، شاهد یک جریان الکتریکی ضعیف خواهیم بود. از سوی دیگر مواد نیمه هادی خالص دارای یک مقاومت الکتریکی قوی در دمای پائین و نیز مقاومت الکتریکی ضعیف در دمای بالا می باشند.

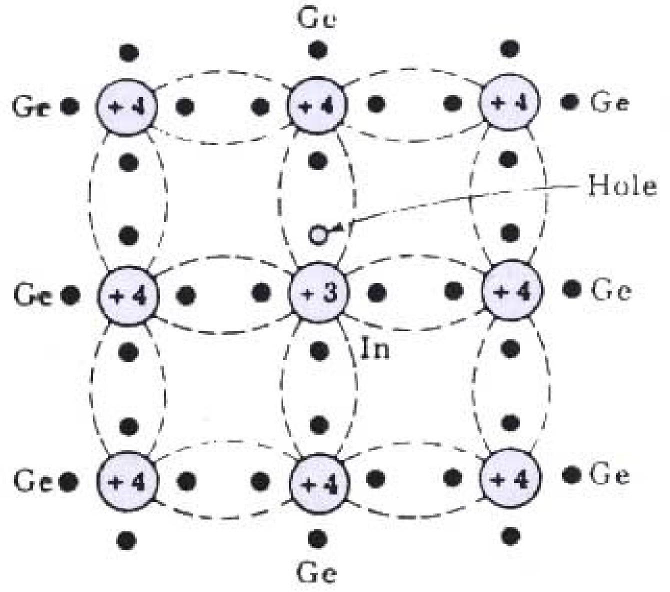


شکل ۳-۲- ساختمان اتمی کریستال ژرمانیوم

اینک اگر مقداری ناخالصی (یک نوع ماده نیمه هادی) به کریستال خالص اضافه کنیم به گونه ای که کریستال خاص قبلی دارای بارهای آزاد شود قدر مسلم بر میزان هدایت الکتریکی کریستال افزوده می شود. جهت انجام این عمل از روش زیر استفاده می شود.

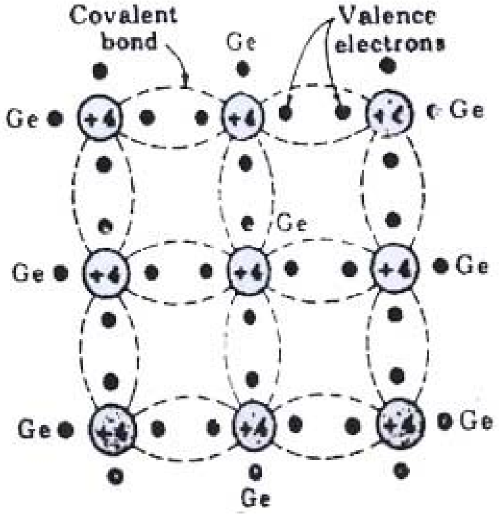
در هنگام رشد کریستالی مانند گالیم آرسنیک GaAs، ساختمان الکترونی گالیم به گونه ای است که دارای ۳ الکترون و نیز آرسنیک دارای پنج الکترون در لایه الکترونی خود می باشند. به عبارت دیگر به طور میانگین یک ترکیب از GaAs دارای ۸ الکترون در آخرین مدار الکترونی خود دارا می باشد.

حال اگر به این مجموعه یک عنصر سومی مانند فلز روی که داای دو الکترون در مدار خارجی خود است اضـافه نمائیم، در بخشی از شبکه کریستالی، هنگامی که اتم فلز روی در کنار اتم های ارسنیک قـرار مـی گیـرد دچـار کمبود یک الکترون خواهد بود. اصطلاحاً این نبود الکترون در شبکه کریستالی تشکیل یک حفره می دهد که بار الکتریکی آن مثبت (Positive) و با علامت P نمایش داده می شود. به جهت قراردادی این گونه مواد نیمه هادی را نمونه P می نامند.



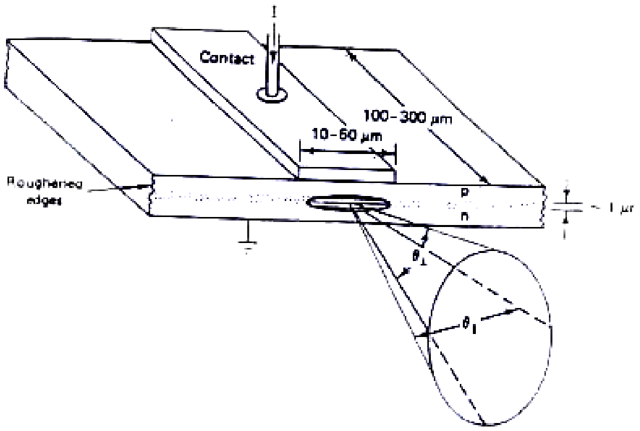
شکل ۳-۳- شبکه کریستالی ژرمانیوم با عنصر ناخالص (اتم ایندیوم)

در حالت دیگر اگر به ترکیب GaAs، مقدار اندکی سلنیوم که دارای ۶ الکترون در مقدار خارجی خود می باشد در شبکه کریستالی در کنار گالیم نشانده شود، این بار آرایش مدار الکترونی با یک الکترون اضافی مواجه خواهد بود. این الکترون اضافی به جهت بار الکتریکی دارای بار منفی است، لذا این گونه نیمه هادی را اصطلاحاً مدل N (Negative) می نمایند.



شکل ۳-۴- شبکه کریستالی ژرمانیوم با عنصر ناخالص (انتیموان)

در هر دو نیمه هادی مدل N,P حفره ها و الکترون ها به عنوان حامل بارهـای الکتریکـی در برابـر یـک جریـان الکتریکی نقش آفرینی خواهند کرد. حال اگر لایه ای از همین ۲ نیمه هادی ناخالص و N,P در کنار یکدیگر قرار بگیرد، تشکیل یک حفت P-N را می دهد. لذا در یک طرف این جفت شدگی حفره ها حاملهای الکتریکـی و در طرف دیگر الکترون ها خواهند بود .



شکل ۳-۵- جفت شدگی دو ناحیه N,P در یک دیود لیزر

چنین قطعه نیمه هادی را اصطلاحاً دیود می گویند. اگر یک دیود به یک منبع تغذیه مستقیم متصل شود در یک جهت جریان الکتریکی از آن عبور می کند و در جهت یدگر به عنوان یک مقاومت بزرگ عمل می کند و جریانی از آن عبور نخواهد کرد.

هنگامی که طرف مثبت منبع تغذیه به لایه P^+ نیمه هادی و طرف منفی منبع تغذیه به طرف N^+ نیمه هادی متصل شود، چگالی حاملهای بار حفره و الکترون در هر دو لایه N , P افزایش چشمگیری خواهد داشت. حفره ها از طرف لایه P به طرف لایه N حرکت کرده و الکترون ها از لایه N به طرف لایه P حرکت خواهند کرد. در برخورد این دو لایه با یکدیگر مقدار زیادی از حفره ها توسط الکترون ها پر می شوند که این امر سبب کاهش ناحیه جفت شدگی خواهد شد. حال اگر نحوه اصتال دیود به گونه ای باشد که یک جریان معکوس نسبت به حالت اول برقرار شود، الکترون ها و حفره ها از یکدیگر جدا شده، لذا شاهد عبور جریان الکتریکی نخواهیم بود. در این حالت ناحیه جفت شدگی به میزان قابل توجهی افزایش پیدا می کند.

۳-۷- نحوه ساخت یک دیود لیزر

شکل (۳-۱) نمای ساده یک لیزر دیودی از نوع GaAs را نشان می دهد. ابتدا لایه های کریستال GaAs به روش های مختلفی رشد داده شده و سپس در قطعات مکعبی کوچک برش داده می شوند.(از یک سطح GaAs به اندازه چند سانتی متر مربع بعد از عمل برش صدها دیود لیزر تولید می شود). آنگاه لبه های GaAs مکعبی

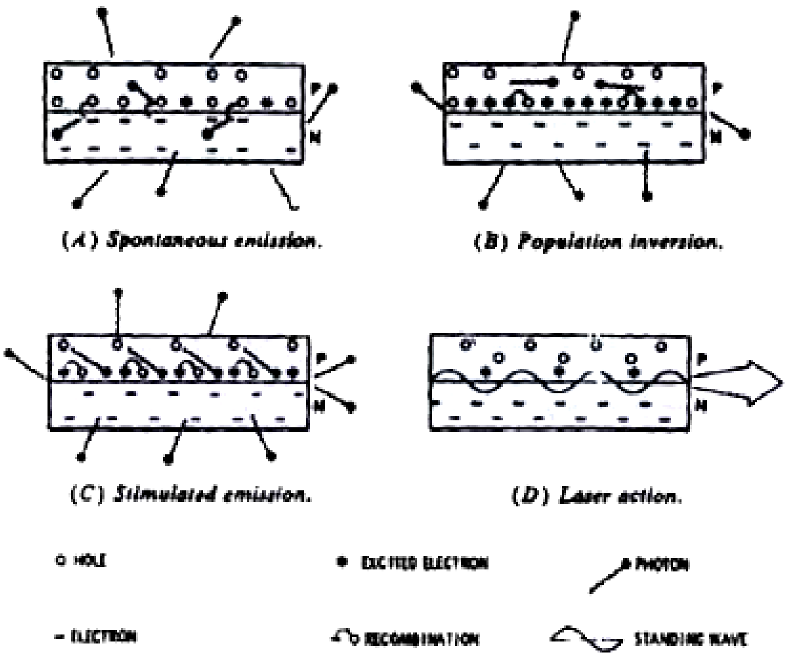
شکل کاملاً پولیش داده شده، سپس اتصالات فلزی به بالا و پائین دیود لیزر نصب می شود، که در اتصال به منبع تغذیه یک حریان الکتریکی از سطح عمود بر دو لایه عبور داده شود. همانگونه که ملاظحه می شود ۲ لایه GaAs از نوع N و P تشکیل یک ساندویچ را می دهد.

نکته ای که باید به آن توجه شود این است که چگونه می توان از این شرایط کریستالی استفاده کرد تا یک کاواک لیزر ایجاد نمود. همانگونه که می دانیم فوتون های حاصله از ماده فعال لیزر باید داخل کاواک و مابین دو آئینه عمل رفت و برگشت، که تقویت نشر برانگیخته را به همراه دارد، انجام دهند.

برای اینکه این امر تحق پیدا کند باید از فیزیک پایه نیز کمک گرفت. بنابر یک اصل فیزیک نور، هنگامی که ۲ ماده با ضریب شکست های مختلف در کنار یکدیگر قرار می گیرند، نور در حین عبور از یک ماده با ضریب شکست n_1 به ماده یدگر با ضریب شکست n_2، با پدیده انعکاس (در مرز این دو محیط) مواجه خواهد شد. میزان ضریب انعکاس به طریق زیر محاسبه می شود.

$$R = \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1}$$

حال اگر همین الگو را در مورد یک لیزر نیمه هادی پیاده کنیک متوجه می شویم که هنگامی که یک جریان الکتریکی از داخل لایه های P , N عبور پیدا می کند از ترکیبات حاصله از جفت شدگی الکترون ها و حفره ها که در سطح های تماس ۲ لایه ایجاد می شود، فوتونهای بیشماری تولید می شود(نشر برانگیخته). محور حرکت این فوتون ها عمود بر جهت جریان الکتریکی خواهد بود. شکل (۳-۶)


P
N
O HOLE
• EXCITED ELECTRON
PHOTON
- ELECTRON
RECOMBINATION
STANDING WAVE

(A) Spontaneous emission. (B) Population inversion.

(C) Stimulated emission. (D) Laser action.

شکل ۳-۶- مراحل ایجاد پرتو لیزر در یک دیود لیزر

هنگامی که فوتون های ایجاد شده در لایه ساندویچ نیمه هادی قصد خروج از این محیط را دارند، باید ضریب شکست محیط خارجی دیگری را تحمل کنند. برای موادی مانند GaAs ضریب شکست حدود ۳/۶ می باشد. فوتون ها هنگام خارج شدن از محیط نیمه هادی به محیط خارج (هوا)، ضریب شکست دیگری را تجربه خواهند کرد(ضریب شکست هوا حدوداً برابر ۱ می باشد).

لذا فوتون ها طبق اصل فیزیکی بیان شده بالا، در ناحیه تماس هوا و نیمه هادی در حقیقت به یک محیط آئینه-ای برخورد می کنند که ضریب انعکاس آن برابر

$$R=\frac{n_2-n_1}{`n_2+n_1}=\frac{3/6-1}{3/6+1}=56\%$$

خواهد بود. همین پدیده انتهای دیگر ساندویچ نیمه هادی برقرار خواهد بود.

از آنجا که راندمان تقویت لیزرهای دیودی در مقایسه با یدگر لیزرها بسیار بالا یم باشد (حدود ۴۰٪ ۳۰-٪)، لذا همین مقدار ضریب انعکاس کافی است که دو انتهای ساندویچ به تنهایی نقش دو آئینه کاواک لیزر را ایفا نمایند. وجود دو آئینه به همراه محیط تولید فوتون های نشر برانگیخته، ایجاد پرتو لیزر را به همراه دارد.

امروزه سازندگان لیزرهای دیودی سعی می کنند با نشاندن لایه های دی الکتریکی در ابتدا و انتهای ساندویچ نیمه هادی، بر میزان ضریب انعکاس آئینه ها بیفزایند.

حال با ایجاد کاواک لیزر، فوتون های نشر برانگیخته در عمل رفت و برگشت داخل ساندویچ به آئینه ها برخورد نموده و عمل تقویت نور صورت می پذیرد شکل (۳-۶).

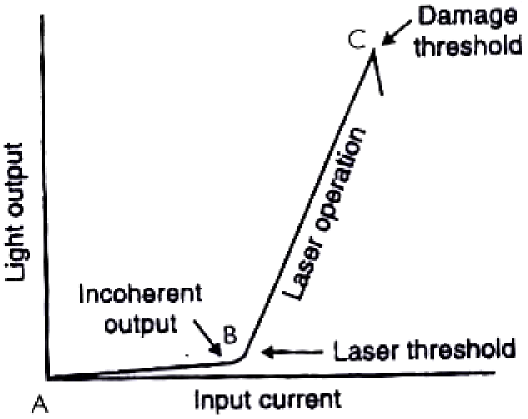
هنگامی که ضریب عبور یکی از دو انتهای دیود لیزر بیش از طرف مقابل باشد پرتو لیزر براحتی از آن خارج خواهد شد که مورد استفاده کاربردی قرار گیرد.

میزان قدرت پرتو خروجی لیزر محدود به بهره لیزر می باشد. به عبارت دیگر هر میزان که سطح تماس در ناحیه نیمه هادی N,P بزرگتر باشد، شاهد توان خروجی بالاتری از لیزر دیود خواهیم بود. در این خصوص در بخش های بعدی توضیح بیشتری ارائه خواهد شد.

۳-۸- شرایط آستانه

با نگاهی به نسبت توان پرتو خروجی دیود لیزر به جریان عبوری از آن پی می بریم که دیود لیزر، دارای ۲ رفتار متفاوت در ۲ ناحیه می باشد.

همانگونه که در شکل (۳-۷) مشاهده می شود، ابتدا هنگام عبور جریان الکتریکی از داخل لایه های نیمه هادی توان خروجی لیزر بسیار اندک می باشد. به عبارت دیگر بهره کار پائین است. از نقطه B به بعد هنگامی که جریان افزایش پیدا می کند توان خروجی ناگهان شدت فراوانی پیدا می کند. مشخصه توان خروجی نسبت به جریان الکتریکی نشان می دهد که در ناحیه AB توان پرتو خروجی کم و اکثر جریان الکتریکی در داخل نیمه هادی به حرارت تبدیل می شود. پرتو نشر یافته در این ناحیه از نوع نشر خودبخودی است.



شکل ۳-۷- منحنی تغییرات جریان الکتریکی در برابر توان خروجی دیود لیزر

در ناحیه BC پرتو نشر یافته در حقیقت لیزر می باشد و اکثر جریان الکتری به فوتون تبدیل می شود. شیب این منحنی نشان می دهد که بهره لیزر بین ۴۰٪-۳۰٪ می باشد. به عبارت دیگر ۶۰٪ از توان ورودی لیزر صرف تلفات داخلی خواهد شد.

امروزه متخصصان و مهندسین این بخش از تکنولوژی، تمامی تلاش خود را معطوف این مطلب نموده اند که ضمن افزایش بهره لیزر، میزان جریان آستانه را کاهش دهند. با این روش کارآیی لیزر افزایش چشمگیری پیدا خواهد کرد.

۳-۹- ساختمان داخلی دیود لیزر

همانگونه که در مطالب گذشته بیان شد، دیود لیزر باید دارای حداقل ۳ لایه مختلف است که نشان دهنده ۳ناحیه متفاوت می باشند. این ۳ ناحیه عبارتند از ناحیه N,P و اتصال. امروزه برای افزایش توان خروجی لیزر و نیز براحتی کار کردن آن در دمای اطاق از مواد نیمه هادی مختلف با ساختارهای پیچیده استفاده می شود که در این حالت تعداد لایه ها گاهی به ۱۰-۸ لایه می رسد.

ابعاد این گونه دیودها بسیار کوچک و در حدود ۳۰۰M-۵۰۰ M می باشد. ناحیه ای که در ان لیزر صورت می گیرد دارای ابعادی در حدود ۳×۱۰ M می باشد. کوچکی ناحیه نشر دهنده سبب می شود شدت پرتو لیزر در آن ناحیه بسیار بالا باشد. به همین منظور اکثر اوقات شدت بالا سبب تخریب آئینه جلویی لیزر می شود.

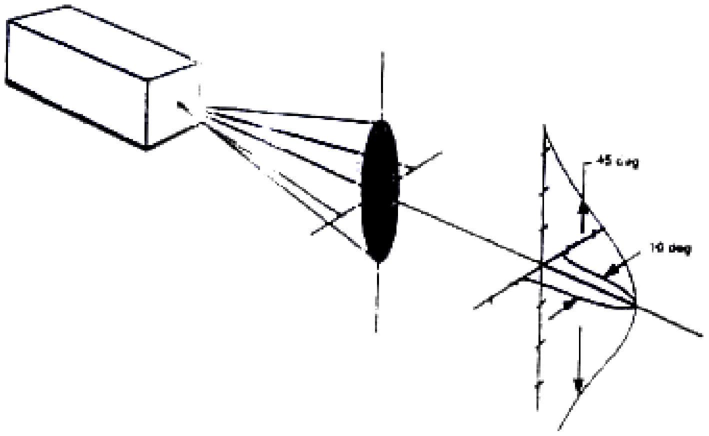
اتصالات فلزی روی نواحی N,P دیود لیزرها، هنگام کار هر یک به پلاریته مثبت و منفی منبع تغذیه متصل می شوند. میزان ولتاژ اعمال شده بر روی دیودها بستگی به میزان توان خروجی آن دارد که معمولاً این مقدار ولتاژ برابر ۲-۵V برابر دیودهایی که به صورت روزمره مورد استفاده قرر می گیرند، می باشد.

۳-۱۰- میزان واگرایی و اندازه پرتو

همانگونه که از اصول اولیه فیزیک لیزر می دانیم میزان واگرایی پرتو لیزر نسبت عکس با اندازه ناحیه نشر دهنده دارد. به عبارت دیگر هر میزان که اندازه ناحیه نشر دهنده کوچکتر باشد، میزان واگرایی افزایش پیدا می کند.

همانگونه که در قسمت قبلی بیان شد، اندازه ناحیه نشر دهنده برای یک دیود لیزر در حدود M ۱۰×۳ می باشد. به عبارت دیگر شکل پرتو لیزر بر روی آئینه جلویی اسیلاتوراپتیکی (کاواک لیزر) مانند یک مستطیل به ابعاد M ۱۰×۳ می باشد (اندازه عرض و طول مستطیل به ترتیب برابر با ۳M و ۱۰M خواهد بود).

با توجه به رابطه بالا میزان واگرایی در این گونه لیزرها در مقایسه با لیزرهای گازی که معمولاً دارای مقطعی دایره ای و اندازه ای در حدود چند میلی متر هستند بسیار بیشتر خواهد بود. شکل (۳-۸) میزان واگرایی یک نمونه از دیود لیزرها را نشان می دهد. همانگونه که در این شکل مشاهده می شود میزان واگرایی لیزر در دو محور افقی و عمودی کاملاً با یکدیگر فرق می کند. از آنجاکه عرض پرتو لیزر کمتر از طول آن می باشد، به ناچار همین نسبت میزان واگرایی در محور عمودی بیشتر از محور افقی است. به ناچار شکل توزیع توان خروجی دیود لیزر مانند یک بیضی می باشد(برخلاف دیگر لیزرهای گازی که توزیع توان خروجی دایره ای است). ای امر یکی از نواقص ذاتی دیود لیزر در مقایسه با دیگر لیزرهای ساخته شده می باشد. لذا تلاش فراوانی باید بعمل آورد که ضمن کاهش واگرایی، شکل توزیع انرژی پرتو لیزر نزدیک به دایره شود.



شکل ۳-۸- نمونه ای از واگرایی نامتقارن دیود لیزر

با نگاهی ساده به یک لیزر گازی مانند لیزر He-Ne می توان پی برد که اندازه آئینه های این لیزر چند هزار برابر طول موج بینایی لیزر می باشد.

برای نمونه به مثال زیر توجه کنید.

مثال (۱): طول موج لیزر He-Ne در ناحیه بینائی (قرمز) برابر ۶۳۰nm است و قطر آینه این لیزر حدوداً ۷ میلی متر می باشد، لذا:

$$R=\frac{\text{قطر}}{\text{طول موج}}$$

$$R=\frac{7mm}{630nm}=\frac{7\times10^{-3}}{630\times10^{-9}}=10000$$

در یک دیود لیزر با طول موج ۸۰۰nm ابعاد آینه لیزر در حدود ۰M×۳M است.

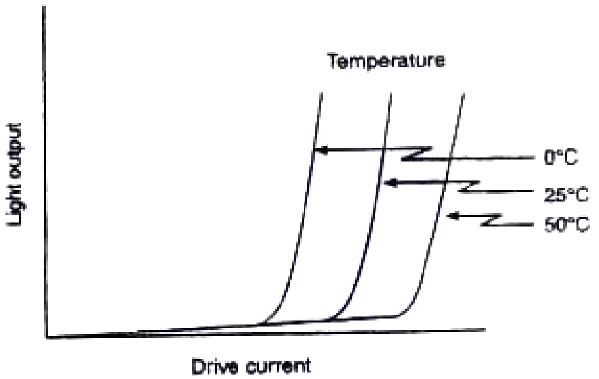
$$R_1=\frac{3\times10^{-6}}{0/8\times10^{-6}}\approx5 \qquad R_2=\frac{10\times10^{-6}}{0/8\times10^{-6}}=23$$

همانگونه که مشاهده می شود، این نسبت در مقایسه با دیگر لیزرها به میزان فراوانی کاهش یافته است. به همین جهت میزان واگرایی در دیود لیزر افزایش چشمگیری پیدا می کند. میزان واگرایی دیود لیزر در دو محور افقی و عمودی به ترتیب برابر با ۱۰ و ۴۵ درجه خواهد بود.

این در حالی است که میزان واگرایی برای یک لیزر He-Ne آزمایشگاهی برابر با ۰/۱۰ درجه می باشد.

۳-۱۱- وابستگی درجه حرارت به توان خروجی

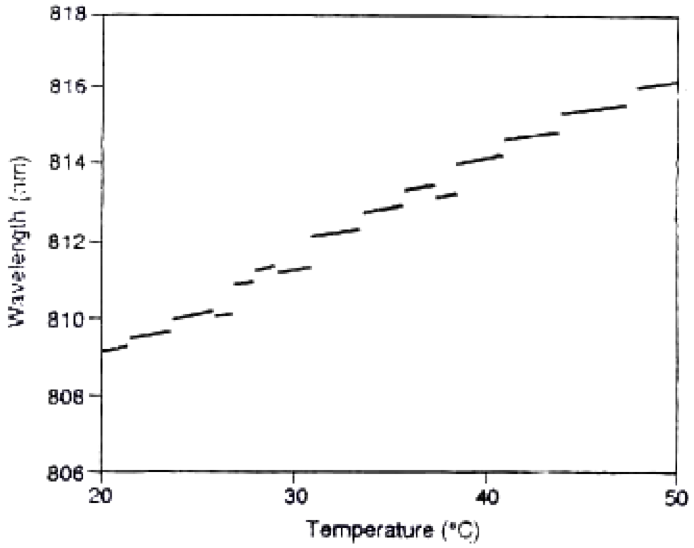
کوچک بودن ابعاد لیزرهای دیود سبب می شود که آنها در برابر تغییر درجه حرارت رفتارهای نسبتاً متفاوتی از خود نشان دهند. این تغییر اکثراً با افزایش شرایط آستانه و نیز تغییر طول موج خروجی لیزر همراه می باشد. در درجه حرارت پائین (در حدود ۲۴۰- درجه سانتی گراد) تغییر چگالی جریان دیود لیزر نسبتاً ثابت می باشد. اما هنگامی که درجه حرارت به ۱۷۰- درجه سانتی گراد افزایش پیدا می کند، ناگهان چگالی جریان (میزان جریان الکتریکی از یک مقطع $1\times1cm^2$ عبور می کند) افزایش خواهد یافت. تحقیقات نشان می دهد میزان چگالی جریان در دیود لیزر GaAs در درجه حرارت پائین ۲۰۰C-، در حدود یک دهم در مقایسه با درجه حرارت ۲۷C می باشد.



شکل ۳-۹- تأثیر حرارت بر رفتار الکتریکی دیود لیزر

به همین خاطر بسیار با اهمیت است که دیود لیزر راحتی المقدور سرد نگه داشت. در طراحی و ساخت لیزرهای تجاری با قدرت پائین (1-۲۰mW) از بدنه لیزر به عنوان Colling System استفاده می شود، اما در توان های بالاتر نیازمند بکارگیری خنک کننده (heat sink) می باشیم. نکته دیگر در پایداری لیزر، ثابت نگه داشتن طول موج خروجی می باشد. همانگونه که از شکل (۳-۱۰-) مشاهده می شود با افزایش درجه حرارت، طول موج

خروجی لیزر دچار تغییر می شود. این میزان تغییر در حدود درجه ۰/۳nm در هر درجه سانتی گراد است. به عبارت دیگر به ازای افزایش درجه حرارت به میزان ۱۰ درجه سانتی گراد، طول موج به میزان ۳nm تغییر می کند.



شکل ۳-۱۰- تغییرات طول موج در برابر حرات در دیود لیزر

پر واضح است که در بسیاری از کاربردهای دیود لیزر که نیازمند به طول موج ثابت می باشد، باید به طریقی دمای ساختمان لیزر را ثابت نگه داشت. یکی از روش های این مسئله، استفاده از Peltier و یا کولرهای خنک کننده است که در ابعاد کوچک ساخته و به بدنه لیزر متصل می شود. هنگامی که یک جریانی الکتریکی از داخل کولبر عبور پیدا می کند، سطح خارجی آن که در تماس با بدنه لیزر قرار گرفته است خنک شده، لذا به راحتی می توان حرارت موجود در داخل دیود لیزر را به خارج منتقل نمود تا دمای داخلی لیزر ثابت نگه داشته شود.

۳-۱۲- رفتار زمانی دیود لیزر

رفتار زمانی دیود لیزر به دو صورت پیوسته و پالس می باشد. در حالت پیوسته توان خروجی لیزر ثابت بوده و میزان فوتون های ایجاد شده در واحد زمان مقدار ثابتی می باشد. در حالت پالسی توان خروجی پرتو لیزر متناسب با شکل پالس الکتریکی اعمال شده بر روی دیود لیزر می باشد.

از آنجا که ماده اولیه دیودهای لیزر مواد نیمه هادی مانند سیلیکون، گالیم و آرسنیک بوده و نیز ضخامت لایه های رشد داده شده در حدود چند میکرون می باشد، لذا به راحتی می توان لیزرهای نیمه هادی را با فرکانس بالا حتی بیش از چند مگاهرتز وادار به لیز نمود. این عمل سبب می شود که پالسهای خروجی لیزر نیز مانند پالسهای الکتریکی اعمال شده بر روی آنها رفتاری مشابه داشته باشند، بدین نحو که در خروجی لیزر شاهد پالسهای با آهنگ تکرار بیش از چند مگاهرتز خواهیم بود. این ویژگی منحصر به فرد، بر توان کاربردی این گونه لیزرها افزوده است. به عنوان مثال، در مخابرات که نیازمند پالسهای نوری با چندین مگاهرتز و حتی گیگا هرتز می باشیم، دیود لیزر یکی و شاید تنها ترین کاندید در مخابرات لیزری محسوب می شود. پرتو خروجی چنین لیزرهایی از طریق فیبرهای نوری به شبکه های مخابراتی متصل می شود. همانگونه که قبلاً اشاره شد ابعاد دیود لیزرها در حد چند میکرون می باشد. با توجه به افزایش توان خروجی لیزرها می توان ابعاد آنها را تا چند میلی متر و یا سانتی متر افزایش داد. متصل نمودن دیود لیزر به یک منبع تغذیه چند ولتی با جریانی در حدود چند میلی آمپر می تواندف حرارت فراوانی در داخل دیود لیزر ایجاد نماید.

یکی از راههای مقابله با این حرارت مزاحم، ایجاد پالسهای بلند (در چند میلی ثانیه) با توان حداکثر نسبتاً بالا می باشد. این امر سبب می شود دیود لیزر در زمانهای کوتاه در حالت خاموش قرار گیرد که در این حالت بتواند حرارت ایجاد شده را به بیرون منتقل نماید. توان قله این لیزرها در حد چند کیلووات می باشد که کاربردهای فراوانی در امر صنعت و جوشکاری دارد.

امروزه لیزرهای ساخته شده دارای طول عمر بیش از ۲۰۰۰۰ ساعت می باشند. این در حالی است که در چند سال گذشته عمر مفید این قبیل لیزرها به کمتر از یک ساعت می رسید. یک رابطه ساده فیزیک لیزر نشان می دهد که به ازای هر ۱۰C که دیود لیزر خنک شود عمر مفید لیزر به دو برابر افزایش پیدا می کند.

به این ترتیب منطقی است که از لیزرهایی استفاده شود که دارای خنک کننده های مینیاتوری بر روی بدنه لیزر می باشند.

دو عامل عمده که سبب کاهش عمر دیود لیزر می شوند، عبارتند از شوکهای الکتریکی و نیز الکتریسیته ساکن. وجود این دو عامل سبب می شود که ناگهان چگالی فوتون های داخل ساندویچ دیود زیاد شود. فتون های ایجاد شده در برخورد با سطوح خارجی دیود که نقش آئینه را ایفا می کنند سبب ذوب شدن و ایجاد ترک در سطوح میکرونی می شوند که در نهایت کاهش بهره لیزر را به همراه خواهد داشت. هنگامی که آئینه های لیزر دچار آسیب می شوند ادامه بکارگیری از لیزر سبب می شود که تمامی سطوح آئینه از بین رفته و هیچگونه پرتوی از لیزر خارج نشود. به همین خاطر خاموش کردن لیزر و یا کار کردن لیزر با توان های خروجی پائین یکی از راه حلهای جلوگیری از خسارتهای کلی به لیر است. بنابراین در ساخت منابع تغذیه دیود لیزرها باید توجه ویژه ای جهت حذف پالسهای الکتریکی ناخواسته (Spike) شود که میزان خسارت ناشی از آنها را به حداقل برساند.

متأسفانه بر خلاف دیگر لیزرها، امکان تعمیر و یا تعویض آئینه دیود لیزر میسر نمی‌باشد به همین خاطر هیچگونه اقدامی در جهت تعمیر دیود لیزرها نمی توان بعمل آورد. لذا در صورت خسارت کلی تنها راه حل ممکن، تعویض دیود لیزر با یک نمونه جدید می باشد.

۳-۱۳- نحوه موازی کردن پرتو لیزر

همانگونه که در بالا اشاره شد توزیع شدت ناشی از یک دیود لیزر به صورت نامتقارن و شبیه به یک بیضی می باشد. دیگر آن که میزان واگرایی آن در مقایسه با دیگر لیزرها بسیار بیشتر است. از آنجا که جهت بکارگیری پرتو لیزر نیازمند یک پرتو متقارن با واگرایی کم می باشیم لازم است از یک مدل اپتیکی مناسب جهت موازی نمودن پرتو دیود لیزر استفاده نمائیم.

یکی از این روشها بکارگیری چندین عدسی با فاصله کانونی کم می باشد. هنگامی که این عدسیها در کنار یکدیگر قرار می گیرند باعث کاهش واگرایی پرتو لیزر به مقدار قابل توجهی می شوند. از آنجا که واگرایی پرتو دیود لیزر در دو محور y,x با یکدیگر فرق می کندف با قرار دادن این مجموعه عدسی در جلوی پرتو لیزر شکل خروجی پرتو لیزر نزدیک به دایره خواهد شد (شکل ۳-۱۱).

از آنجا که در اکثر درمانهای لیزرتراپی از دیود لیزرهای متفاوتی استفاده می شود، لذا هنگامی بکارگیری آنها نیاز چندانی به متقارن بودن پرتو لیزر نمی باشد. حتی در پاره ای از کاربردهای لیزر تراپی که نیازمند تابش دهی بخش وسیعی از پوست می باشیم، تعداد زیادی از این دیودها در کنار یکدیگر قرار می گیرند که سطحی در حدود ۳×۵cm یا حتی بیشتر را پوشش دهند. در این گونه کاربردهای لیزرتراپی هیچگونه مجموعه اپتیکی در جلوی دیود لیزر قرار نگرفته است، لذا پرتو لیزر مستقیماً از لیزر خارج شده و با واگرایی فراوان به روی پوست تابیده می شود.

اگر نیازمند یک پرتو لیزر با توزیع شدت متقارن می باشیم در این صورت نیازمند یک مجموعه اپتیکی هستیم که قادر باشد به طول مستقل در جهت y,x پرتو خروجی دیود لیزر را موازی نماید. یکی از ساده ترین روشهای موجود بکارگیری دو عدد عدسی استوانه ای با فاصله کانونی مختلف می باشد. یکی از خواص عدسی استوانه ای این است که دارای فاصله کانونی در یکی از محورهای y,x می باشد. لذا هنگامی که دو عدسی استوانه ای عمود بر یکدیگر در برابر پرتو لیزر قرار بگیرند به راحتی می توانند پرتو لیزر را تا حدود قابل توجهی به یک باریکه موازی تبدیل نمایند.

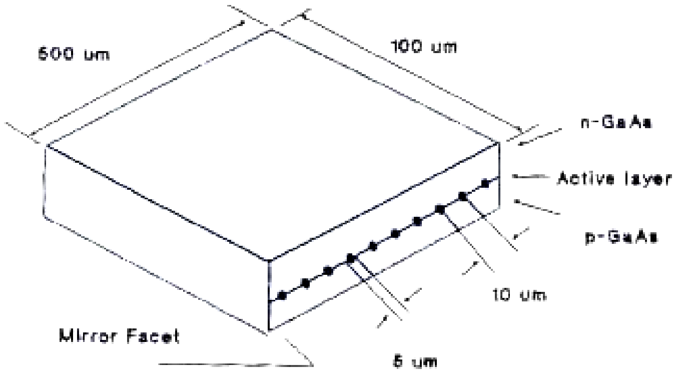
امروزه برنامه های کامپیوتری مناسبی جهت انجام این کار بکار گرفته میشود و به راحتی می توان یک مجموعه اپتیکی مشخص برای هر دیود لیزر طراحی نمود.

۳-۱۴- انواع لیزر دیود

در یک تقسیم بندی کلی، دیود لیزرها به جهت میزان قدرت خروجی خود به ۳ بخش عمده تقسیم می شوند:

۱-Single Stripe- در این نوع دیود لیزر که در حقیقت اولین نوع لیزرهای طراحی شده می باشد، ناحیه نش دهنده پرتو لیزر به یک منطقه کوچک که حداکثر ابعادی در حد ۳×۱۰M دارد، خلاصه می شود. توان خروجی این گونه لیزرها با توجه به توسعه تکنولوژی ساخت لیزرها در حال افزایش می باشد. در شرایط حاضر می توان لیزرهایی با قدرت خروجی ۱W به صورت پیوسته از این گونه لیزرها تهیه نمود.

۲- Laser Array- یکی از راه حلهای مطمئن جهت افزایش توان خروجی لیزر، بکارگیری آرایش Laser Array می باشد. در این نوع لیزرها تعداد فراوانی لیزرهای Single stripe در کنار یکدیگر و با فاصله های مشخص قرار گرفته اند. در این گونه لیزرها ضخامت لایه نشر دهنده پرتو لیزر همچنان ۳M می باشد اما طول آن گاهی به بیش از چند میلی متر افزایش پیدا می کند.



شکل ۳-۱۱- نمای ساده یک دیود لیزر Array

۳- هنگامی که لیزرهای Array در کنار یکدیگر و در دو محور x,y چیده شوند، تشکیل Diode-Bar را می دهند. این روش سبب می شود که توان خروجی دیود لیزرها به حداکثر میزان خود افزایش پیدا کنند. ابعاد Diode-Bar در حدود ۱×۱cm خواهد بود. کاملاً واضح است که تبدیل پرتو خروجی این گونه لیزرها به یک پرتو متقارن کاری پیچیده و مشکل می باشد.

از آنجا که اکثر دستگاه های لیزر تراپی نیاز به توان های پائین و یا شدت کم دارند، لذا تنها لیزرهای Single Stipe و نهایتاً Array بکار گرفته می شوند. باید توجه نمود که در لیزر تراپی نیازمند پرتویی با شدت کم می باشیم، لذا هیچکدام از لیزرهای Array بکار گرفته شده در لیزر تراپی دارای سیستم اپتیکی که خاصیت آنها ایجاد پرتو متقارن و موازی است، نمی باشند. جالب اینکه بکارگیری لیزرهای Array با قدرت خروجی ۸۰ وات (قدرت قله) در لیزر تراپی امری عادی و متداول است. اما با لیزرهای جراحی پزشک قادر است با بکارگیری لیزر با قدرت خروجی۲۰W به راحتی بخشهایی از بافت را برش دهد. شدت پرتو لیزر در لیزرهای جراحی به مراتب بیش از لیزر تراپی می باشد.

در مقایسه دو حالت فوق پی می بریم که اگرچه توان خروجی لیزر تراپی ۴ برابر لیزر جراحی است اماف پرتو آن کوچکترین اثر تخریبی بر روی بافت ندارد. علت آن پایین بودن توان متوسط و نیز واگرایی فراوان پرتو نور است، که کاهش شدید شدت پرتو را به هرماه خواهد داشت .

بنااین پرتو خروجی دیود لیزر بخاطر نداشتن یک سیستم اپتیکی متمرکز کننده بلافاصله با واگرایی زیاد از لیزر خارج می شود. توزیع توان لیزر در ابعادی در حد ۵×۵ cm شدت توان خروجی را به شدت کاهش داده، به گونه ای که در فاصله ۲ cm از پرتو لیزر شدت حاصله از یک دستگاه لیزر تراپی با قدرت ۸۰ W به مراتب کمتر از شدت ناشی از یک لیزر Pointer با قدرت خروجی ۲mW می باشد.

۳-۱۵- لیزر تراپی

با شنیدن کلمه لیزر اولین تصوری که از آن در ذهن اکثر افراد پدید خواهد آمد، بروز جنگ ستارگان و نیز لیزر به عنوان یک وسیله مخرب و نابود کننده است. عده ای نیز گمان می کنند که لیزر یک نور جادویی و خارق العاده ای است که مانند یک شمشیر برنده صرفاً جهت کشتار و نابود سازی بکار گرفته می شود.

ابتدا باید به این نکته توجه نمود که لیزر یک وسیله نیست، بلکه یک پدیده است. لیزر که از حروف اول پنج کلمه Light Amplification by the Simulated Emission of Radiation است به معنای تقویت نور نشر برانگیخته است. با توجه به کاربردهای فراوان و گسترده ای که لیزر از خود نشان می دهد ولی، اصول اولیه ای که سبب ایجاد این پدیده می شود بسیار ساده اما، در حین حال پراهمیت است.

پرتو لیزر دارای ویژگیهای منحصر بفردی خواهد بود که در هیچ منبع نوری دیگری قابل مشاهده نمی باشد. ویژگیهای عمده پرتو لیزر عبارتند از تک فامی، همدوسی، و واگرایی اندک. هر یک و یا ترکیبی از این ویژگیها می تواند کاربردهای منحصر بفردی را برای لیزر فراهم کند. گستردگی این کاربردها به گونه ای است که کمتر رشته ای را می توان یافت که بنحوی بطور مستقیم و یا غیر مستقیم با لیزر مرتبط نباشد.

کاربرد پرتو لیزر در زمینه پزشکی زمینه های مختلفی دارد که در یک تقسیم بندی، موارد زیر را می توان نام برد.

۱- بکارگیری لیزر به عنوان چاقوی جراحی

۲- بکارگیری لیزر به عنوان وسیله تشخیص

۳- بکارگیری لیزر به عنوان روش تسکین و درمان

گستردگی و فراوانی کاربردهای لیزر بیشتر مدیون پهنه بینابی، طول موج های آن، ویژگیها و خواص پرتو لیزر و نیز توان خروجی قابل تنظیم آن می باشد. از آنجا که هر یک از مواد فعال بکار گرفته شده در لیزر قادرند یک و یا چند طول موج مشخص را تولید کنند لذا، هر یک از آنها با توجه به خصوصیات لیزر مانند توان خروجی، رفتار زمانی، کوچکی و یا بزرگی پرتو لیزر می توانند یک کاربرد مشخص پزشکی را به همراه داشته باشند.

به عنوان مثال، وسیله ای مانند لیزر گاز کربنیک یک کاندید مناسب به عنوان چاقوی جراحی است، اما این لیزر وسیله مناسبی برای تشخیص بیماری نمی باشد.

به هر ترتیب آنچه که در این بخش تأکید بیشتری را بر آن معطوف نموده ایم، بکارگیری لیزر به عنوان تسکین درد و درمان بیماری بدون استفاده از داروهای پزشکی است. این نحوه درمان را در فرهنگ پزشکی اصطلاحاً لیزر تراپی و این نوع لیزرها را لیزرهای کم توان و یا لیزرهای با شدت پائین می نامند.

اغراق نیست اگر گفته شود که بکارگیری این نوع لیزرها در بسیاری از موارد درمان، سبب شده است که بیمار نیازی به عمل جراحی نداشته باشد. به همین خاطر عده ای از پزشکان و متخصصین، از لیزرهای تراپی با نام چراغ علاء الدین نام می برند که غول داخل چراغ قادر است هر درمان ناممکنی را در اندک زمانی ممکن سازد.

لیزرتراپی مدرن ترین کاربرد لیزر در پزشکی است که ظرف یک دهه اخیر گسترش فراوانی در اکثر نقاط دنیا داشته است. این روش درمان معمولاً به نام های LPLT (Low Power laser Therapy) و (Low level Laser LLLT (Therapy نامیده می شود.

لیزرهای مورد استفاده در این روش را Soft Laser می نامند. این عبارت در مقابل Hard Laser بکار رفته است که بیشتر جراحی با لیزر را شامل شده است. پرواضح است که لیزرهای Soft قدرت تخریبی جهت تبخیر، و یا عمل برش بر روی بافت را به هیچ وجه ندارند.

برای این نوع لیزرها نام های دیگری مانند Low Energy Laser و یا Low Reactive Level Laser نیز بکار رفته است. از آنجا که انرژی منتقل شده از طریق لیزر به بافت، حاصل ضرب توان خروجی لیزر در مدت زمان درمان است لذا، این گونه لیزرها در مدت زمان طولانی قادرند انرژی زیادی را از خود نشر دهند. این مکانیزم تعریف جدید تری به ذهن متبادر می کند که بسیاری از پزشکانی که در این زمینه فعالیت می کنند عبارتی

مانند Photobiomodulation laser و یا Photobiostimulation laser را برای این دسته از لیزرهای کم توان استفاده نمایند.

بنابراین آنچه که اهمیت فراوانی دارد این است که این روش درمان از بکارگیری بر همکنش نور با بافت حاصل شده است. و هر نام و یا واژه ای که برای این روش انتخاب می شود از اهمیت نقش فوتون و یا نور برای درمان خبر می دهد. سالهای متمادی است که نیاکان و اجداد ما به اهمیت نور خورشید در درمان بیاری از بیماریها پی برده اند. روش LLLT در حقیقت مدل پیشرفته همان روش سنتی است که قابلیت های فراوانی را به خود اختصاص داده است. اهمیت فوتون در درمان بیماریها بقدری جالب و جذاب بود که در فیلم های علمی تخیلی از این روش به طور مکرر استفاده شده است. با نگاهی گذرا به اولین سریال فیلم پیشتازان فضا (Star Trek) متوجه می شویم که چگونه هنر پیشه های اصلی فیلم در زمانی که دچار جراحات پوستی می شدند با قرار داد ناحیه زخم زیر یک نور شدید و بدون استفاده از دارو بطور سریع بهبود می یافتند. اگرچه تا چند دهه قبل این روش تخیلی و سرگرم کننده می بود اما امروزه در درمان بسیاری از بیماریها از لیزر به عنوان یک نور معجزه گر (ماند فیلم پیشتاازن فضا) استفاده می شود. رشد فزاینده و سریع این روش در حوزه های مختلف پزشکی این ایده و فکر را فراهم نموده است که در فرآینده ای نه چندان دور این روش درمان را افراد عادی نیز با نظارت و هماهنگی پزشک معالج خود، بتوانند در منزل انجام دهند. با تحقیق عملی این تفکر گامی عظیم در زمینه بکارگیری لیزر فراهم خواهد شد.

۳-۱۶- فیزیولوژی بافت و لیزر

همانطور که در بالا اشاره شد نکته کلیدی در روش لیزر تراپی، بکارگیری صحیح از فوتون و یا نور می باشد. شاید باور کردنی نباشد اما بسیاری از ما تصور درست و صحیحی از فوتون نداریم. از آنجا که فوتون یک بسته انرژی بدون جرم می باشد که با سرعت ۳۰۰/۰۰۰ کیلومتر در ثانیه در خلاء حرکت می کند لذا امکان به تله انداختن آن جهت بررسی علمی کار بسیار دشواری خواهد بود. برای راحتی و فهم دقیق تر از فوتون آن را با مدل سازی، مانند یک موج الکترو مغناطیس در نظر می گیریم. علت این امر خواص دوگانه(ذره ای و موجی)

بودن نور می باشد، به همین خاطر هر فوتون به یکی از رنگهای مختلف و با طول موج مشخص نسبت داده می شود. چشم انسان به گونه ای است که قادر است فوتون و یا نورهایی با طول موج ۴۰۰-۷۰۰nm را مشاهده کند. این طیف نوری را محدوده بینایی می نامند که بخش کوچکی از طیف گسترده امواج الکترو مغناطیس است . طول موجهای کوچکتر از ناحیه بینایی شامل پهنه X-Ray و یا اشعه گاما، بخاطر کوچکی طول موج خود قادرند از تمامی اجسام عبور کنند. به همین خاطر در عکسبرداریهای مختلف و تشخیص بیماری از این طیف امواج الکترومغناطیسی استفاده می شود. حال اگر بدن خود را در معرض نور خورشید قرار دهیم فوتون های مختلف با طول موج و رنگهای گوناگون شروع به بمباران نمودن بدن ما می نمایند. اما وقتی که همین کار را با پرتو لیزر انجام می دهیم، نور لیزر بخاطر ویژگی ذاتی که یک باریکه نور موازی با شدت بالا است در عمق بافت بدن وارد شده و با انتقال انرژی فوتون های خود در برخورد با بافت ها سبب تحریک بیولوژیکی سلول می شود.

از آنجا که نور معمولی به سبب خواص ذاتی خود در تمامی جهات منتشر و توزیع می شود، امکان نفوذ زیاد در بافت زنده را ندارد. به همین جهت تنها در بخش محدودی از درمانهای پوستی می توان از نور معمولی جهت تحریک بیولوژیکی استفاده نمود.

از آنجا که درصد زیادی از حجم بافت از آب تشکیل شده است لذا بکارگیری لیزرهایی با طول موج مادون قرمز دور امکان نفوذ به داخل بدن فراهم نخواهد شد. به همین خاطر لایه های اولیه بافت تمامی انرژی لیزر را جذب خواهد کرد. در صورتی که انرژی پرتو لیزر کافی باشد، میزان انرژی جذب شده توسط سلول سبب گرم و حتی بخار شدن سریع سلول خواهد شد. ضریب جذب بالای پرتوی لیزر در بافت سبب شده است که از لیزر به عنوان یک چاقوی جراحی استفاده شود.

در روش LLLT به جهت پائین بودن توان خروجی لیزر و نیز طول موج منحصر بفرد آن، میزان جذب پرتو لیزر در پوست کاهش یافته لذا عمق نفوذ پرتو لیزر در بافت افزایش می یابد. دیگر این که میزان انرژی جذب شده توسط بافت به هیچ وجه سبب گرم شدن و یا صدمه به بافت زنده بیولوژیکی نمی شود. باید یادآور شده که دامنه و حوزه بکارگیری فوتون بسیار فراتر از این مقوله می باشد. امروزه ثابت شده است که بدون فوتون امکان حیات و زندگی عملاً وجود ندارد.

اگر نگاهی گذرا به چرخه زندگی بر روی کره زمین داشته باشیم پی می ریم که تمامی زندگی و حیات وابسته به انرژی فوتون متصاعد شده از خورشید می باشد. این منبع انرژی ۸ دقیقه نوری با ما فاصله دارد و قرن های متمادی است که موجودات کره زمین از آن بهره می برند.

در چرخه حیات ابتدا فوتون توسط کلروفیل درختان جذب شده تا در یک فرآیند شیمیایی (فوتوسنتز) با دیگر مواد ترکیب شده تا گلوکز و اکسیژن ایجاد شود. سپس این مواد توسط انسان و حیوانات مورد استفاده مستقیم و غیر مستقیم قرار می گیرند تا انرژی لازم جهت تحریکات فیزیکی و بدنی فراهم شود.

جالب این که بدن انسان حتی بطور مستقیم اقدام به دریافت انرژی از نور خورشید می کند که اثر حیاتی برای سلامتی ما دارد. در این فرآیند هنگامی که پوست، نور خورشید را دریافت می کند طبق یک فرآیند، کلسترول را به ویتامین D تبدیل می کند. مطالعات نشان می دهد که کمبود ویتامین D منجر به Osteoporosis (پوکی استخوان) می شود که نهایتاً می تواند سبب Fractures of hip and spine (شکستگی لگن و مهره ها) شود. تحقیقات نشان داده است که ۳۰٪ افراد مسن که دچار شکستگی لگن هستند از کمبود ویتامین D رنج می برند. آن دسته از افراد که کمتر در معرض نور خورشید هستند، بیشترین مبتلایان به این بیماری هستند. کمبود ویتامین D به گونه ای است که منجر به سرطان پستان خواهد شد.

پوست تنها مسیر ورود فوتون ها به بدن انسان نمی باشد. بلکه آنها از طریق چشم نیز وارد بدن شده سبب بینایی و رویت اجسام می شوند. اصولاً بدون فوتون هیچ چیز در جهان قابل رویت و دیدن نمی باشد. در سیستم مکانیزم بینایی، ابتدا فوتون از طریق چشم وارد شده توسط مواد شیمیایی حساس به نور مانند Rhodopsin جذب می شود. آنگاه این مواد بسته های انرژی (فوتون) را به کارخانه های کوچک داخل سلول که mitochondria (ارگان تنفسی سلول) نامیده می شوند، هدایت می کنند. در ادامه کار در یک مسیر پیچیده و بغرنج این میزان انرژی به Pineal gland (غده ای در ساقه مغز) که به شکل یک مخروط مانند درخت صنوبر است، منتقل می شود.

براساس میزان انرژی جذب شده توسط چشم انسان و نیز وجود میدان مغناطیسی ناشی از مرکز زمین، غده Pineal ماند یک ساعت بیولوژیکی در بدن ما عمل کرده و دیگر ارگانهای بدن موظف به هماهنگ شدن با آن

می باشند. پرواضح است که عدم دریافت نور توسط بدن سبب اثرات مصیبت باری خواهد شد که حتی تصور آن سنگین و غیر ممکن است .

با توجه به مطالب بالا براحتی می توان به اثرات مفید فوتون بر روی حیات انسان پی برد. حال این سئوال مطرح است که پس از دریافت انرژی فوتون توسط بافت های بدن و بدون توجه به میزان آن، شاهد چه نوع واکنش هایی هستیم.

۳-۱۷- برهمکنش نور با بافت

گرما یکی از مهمترین واکنش های بافت در هنگام دریافت انرژی فوتون می باشد.

اساساً هر مقدار که انرژی در بدن آزاد شود درجه حرارت بدن افزایش پیدا می کند. هنگام تمرین های ورزشی با افزایش فعالیت های بدنی به ناچار بدن انسان باید انرژی بیشتری را آزاد نماید که همین امر سبب بالا رفتن درجه حرارت بدن خواهد شد. هنگامی که بدن در حال استراحت است این انرژی بصورت نهان در بدن باقی می ماند.

تمامی اندام ها و ارگانهای زنده بدن قادر نیستند صد در صد انرژی جذب شده را مصرف نمایند لذا، بخشی از این انرژی بصورت دائم از بدن خارج می شود که نوعی تشعشع ضعیف را به همراه خواهد داشت.

نکته دیگر این که فوتونها قادر به تحریک سلول ها هستند که اصطلاحاً آنرا Photo Biostimulation می نامند. این نکته که چه میزان از فوتون ها را به سمت کدام یک از سلول ها هدایت نمود، تمامی رازهای نهفته در لیزرتراپی می باشد. با توجه به گستردگی کاربردهای پزشکی فوتون ، هنوز تعدادی از پزشکان به عظمت و قدرت واقعی فوتون پی نبرده اند. برای همین منظور اعتقادی به این روشهای درمان نداشته و ندارند. اما نتایج بدست آمده نشان می دهد که این روش درمان یک نوع اعجاز در درمان و معالجه بیماران محسوب می شود. توسط لیزر تراپی براحتی و بدون مصرف هرگونه دارویی می توان بخش عمده ای زخمها را برطرف نمود و یا با تحریک سلولها، تسریع در رشد و نمو بافت را ایجاد کرد.

با لیزر تراپی می توان رنگدانه های اضافی در منطقه هایی از بافت را کاملاً برطرف نمود و یا در بخشی از بافت آنرا محفوظ نگه داشت .با LLLT می توان سیستم ایمنی بدن را تحریک و فعال نمود و نیز پاسخهای التهابی مضر بدن را به میزان قابل توجهی کاهش نمود.

زیبایی و هنر لیزر تراپی در این است که با فعال سازی آنزیم ها، رشد بافت بدن را در حالت طبیعی نگه می دارد. از آنجا که آنزیم ها ضمن سرعت بخشیدن به واکنش های شیمیایی، خود به هیچ وجه نابود و یا وارد واکنش نمی شوند، هنر فوتون های لیزر تراپی در این است که توانمندی فرآیند زنجیره ای آنزیم ها را هزاران بار افزایش می دهد.

از عمده ویژگیهای روش لیزر تراپی این است که فاقد عوارض جانبی بوده و هیچ گونه اثر تخریبی بر روی بافت های سالم ندارد. این گونه بنظر می رسد که این تکنیک مانند تغذیه است که تنها سلولهای گرسنه مواد غذایی را جذب می کنند.

با توجه به مطالب بالا، امروزه گزارش های فراوان در مقالات علمی یافت می شود که دامنه بکارگیری فوتون تراپی توسط لیزر را هر روز گسترده تر می کند. به عنوان مثال بهبود زخمهای سوختگی درجه ۲و۳، بهبود Scar ,، Keloids درمان سینوزیت، تسکین بخشیدن به دردهای گردن، شاه، پا و ... اشاره نمود. نکته قابل توجه در خصوص photobiotherapy این است که این یک روش جدید و نوظهور نمی باشد بلکه این روش به گونه ای دیگر سالیان سال است با بهره گیری از پرتو نور خورشید جهت درمان مورد استفاده قرار گرفته است.

در روش LLLT هنگامی که آنزیمی تحریک می شود این فرآیند زنجیروار و با سرعت به دیگر آنزیم ها منتقل می شود. باید دقت شود که این تکنیک حتی سبب افزایش دبی خون در مناطقی که درگیر دریافت فوتون می باشند، خواهد شد. با توجه به مطالب ارائه شده این باور وجود دارد که در آینده نه چندان دور شاهد روش های دیگر درمان مانند بکارگیری رنگ، موسیقی، طب سوزنی و homeopathy و... خواهیم بود که البته انجام آن نیازمند یک تخصص ویژه نمی باشد بلکه افراد معمولی با در نظر گرفتن، آموزش های اولیه، خود می توانند در منزل اقدام به درمان نمایند.

بسیاری معتقدند با رشد روزافزون و همه جانبه بکارگیری لیزرهای کم توان در سالهای اخیر، داشتن یک دستگاه لیزرتراپی در منازل امری عادی و معمولی خواهد بود. دیگر این که افراد جامعه بجای جمع آوری یک کابینت از قرص ها و داروهای مختلف، تنها با داشتن یک دستگاه لیزر تراپی کم حجم و سبک قادر خواهند بود با گرفتن مقداری انرژی از فوتون های لیزر، بدن را تحریک و آماده بهبودی نمایند. تصور این موضوع بدور از ذهن نمی باشد که در چند سال آینده تمامی پزشکان خود را مجهز به این وسیله شفابخش نمایند، و در مراحل بعدی خریداران این وسیله عموم مردم عادی خواهند بود.

هنگامی که اولین لیزر یاقوت، توسط پرفسور میمن در سال ۱۹۶۰ اختراع و به ثبت رسید بسیاری از محققین که در زمینه پزشکی فعالیت می کردند نه تنها از این لیزر بلکه از دیگر لیزرهای ساخته شده ماند هلیوم نئون، آرگون و گاز کربنیک که در بعد از سال ۱۹۶۰ اختراع شد در امر طبابت استفاده نمودند. آنها یقین داشتند وجود یک پرتو همدوس با شدت تابش بالا در تحریک بافتی نقش ویژه ای را ایفا می کند. به همین منظور اولین گزارش علمی که در این زمینه به ثبت رسید توسط دکتر Endre Mester در بوداپست و در سال ۱۹۶۸ بود. پرفسور اندر تا قبل از مرگ خود در سال ۱۹۸۴ تحقیقات فراوانی را در این زمینه انجام داده است. لیزر بکار گرفته شده توسط وی در این تحقیقات اکثراً He-Ne با طول موج ۶۳۰nm بود. امروزه کاملاً ثابت شده است که این طول موج در کاهش درد، بهبودی زخم و نیز کاهش تورم در انسان و حیوان کاملاً موثر می باشد.

فصل چهارم:

نکات عملی در ارتباط با انتخاب دستگاه‌ها و کالیبراسیون دستگاه‌ها

۴-۱- نکات عملی در ارتباط با انتخاب دستگاه‌ها

با نگاهی به مجموعه کارهای انجام یافته در خصوص لیزر تراپی با انواع لیزرها براحتی می توان دریافت که بیشترین بر همکنش نور با بافت در ناحیه بینابی مادون قرمز می باشد. در دو دهه اخیر با رشد و توسعه تکنولوژی لیزرهای نیمه هادیی که در ناحیه قرمز و مادون قرمز لیز می کنند، شرایط ساخت لیزرهای تراپی به میزان قابل توجهی فراهم شده است. امروزه لیزرهای نیمه هادی از موادی چون گالیم، آلومینیوم و آرسنیک تشکیل یافته است که قادرند طول موج هادی در ناحیه nm ۹۰۴-۱۷۲۰ ایجاد نمایند. این پهنه فرکانسی بیشترین نفوذ را در بافت از خود نشان می دهد.

اینک این سئوال مطرح است که آیا لیزرهای مورد استفاده در تراپی برای چشم و یا پوست خطر آفرین هستند یا خیر؟

جهت پاسخگویی به این سئوال ابتدا باید فاکتورهایی که سبب خطر آفرینی برای چشم و یا پوست انسان می شوند را مطرح نمود و آنگاه پارامترهای لیزرهای تراپی را با این فاکتورها مقایسه نمود.

۱- واگرایی لیزر: لیزرهای تراپی در ۲ نوع مختلف دارای ۲ نوع واگرایی متفاوت می‌باشند. دسته اول لیزرهایی با پرتو موازی و واگرایی اندک و دسته دوم لیزرهای با واگرایی بالا.

آندسته از لیزرها که دارای واگرایی اندک و نیز پرتور موازی هستند به مراتب خطرآفرین تر می باشند. هنگامی که پرتو این گونه لیزرها از مردمک چشم عبور پیدا می کند و بر روی شبکیه قرار می گیرد در ابعادی در حدود چند میکرون متمرکز می شود. در این حالت شدت پرتو لیزر با قدرت خروجی ۱۰mW برابر با W/cm^2 ۱۲۰۰۰ بر روی شبکیه خواهد بود. بزرگی این شدت زمانی ملموس می شود که بدانیم شدت یک لامپ کروی با قدرت W ۱۰۰۰۰۰۰ در فاصله یک متری از لامپ تنها برابر است با $8W/cm^2$

۲- قدرت خروجی لیزر: هرچه توان خروجی لیزر بیشتر باشد میزان خطرآفرینی آنها در مقایسه با لیزرهای کم توان تر بالاتر خواهد بود.

۳ -طول موج لیزر: چشم انسان در برابر لیزرهای تراپی که در ناحیه مرئی هستند در کمتر از ۰/۲۵ ثانیه عکس-العمل به خرج داده و با بسته شدن چشم سبب کاهش حداکثر تابش به چشم خواهد شد. متأسفانه آن دسته از لیزرها که در ناحیه مادون قرمز و یا مادون قرمز دور می باشند به مراتب از لیزرهای مرئی خطرناکتر می باشند.

۴- نحوه توزیع پرتو لیزر: چشم انسان قادر است تصویری از منبع نوری بر روی شبکیه ایجاد نماید. هر میزان که اندازه تصویر کوچکتر باشد میزان خطر آفرینی پرتو لیزر افزایش خواهد یافت. ۲ لیزر با قدرت خروجی یکسان اما با ۲ نوع ساختمان متفاوت نشر دهی (Array , Single Strip) هنگامی که به جهت خطرآفرینی با یکدیگر مقایسه می شوند، لیزر Array از خطرآفرینی کمتری برخوردار است.

مثال: یک لیزر GaAlAs با طول موج ۸۳۰nm و با قدرت خروجی ۱mW که دارای یک پرتو کاملاً موازی و با واگرایی ۱میلی رادیان است به مراتب از یک لیزر He-Ne با قدرت خروجی ۱۰mW با واگرایی نیم رادیان خطر آفرین تر می باشد.

با توجه به مطالب بالا باید توجه نمود که لیزرهای تراپی با قدرت های بیش از ۱۰۰-۲۰۰mW برای چشم انسان بسیار خطرناک بوده، لذا بکارگیری آنها نیازمند تجربه و مهارت کافی توسط پزشک معالج می باشد.

همیشه این سئوال وجود دارد که با توجه به گستردگی و تنوع لیزرهای ساخته شده در امر درمان، کدامیک از لیزرها بهترین انتخاب می باشند. اصولاً برای خرید یک لیزر جهت لیزر تراپی چه پارامترهایی باید لحاظ شود که پزشک معالج با اطمینان و طیب خاطر اقدام به خرید آن نماید.

امروزه شرکتهای سازنده لیزرهای تراپی اقدام به فروش انواع مختلف لیزر با ویژگیهای منحصر به فرد می نمایند که انتخاب یک لیزر ایده آل را تا حدودی مشکل می سازد. لذا این که گفته یم شود این لیزر خوب و یا خوبتر است و یا این که این لیزر گرانتر از آن نوع دیگر است به پارامترهای مختلفی بستگی دارد که مختصراً به آن می پردازیم.

۱- بسیاری از سازندگان لوازمی را تحت عنوان لیزر تراپی عرضه می کنند که منبع نوری آنها LED (دیود) و یا نور معمولی است. به همین منظور هنگام خرید ابتدا باید مطمئن گردید وسیله مورد نظر لیزر می باشد و نه چیز دیگر.

۲- بعضی از لیزرهای تراپی ترکیبی از لیزر و LED می باشند. لذا فروشندگان بیشتر روی لیزر آن مانور می‌کنند و کمتر به LED آن می پردازند به همین خاطر ابتدا باید اطمینان داشته باشیم که آیا با لیزر، منبع نوری دیگر فروخته می شود و یا خیر.

۳- جهت درمان زخم ها معمولاً از GaAs و He-Ne لیزر استفاده می شود.

۴- اندازه، رنگ و شکل ظاهری دستگاه لیزر از پارامترهایی هستند که برای تعدادی از پزشکان دارای اهمیت می باشد. اما آنچه که بسیار جحائز اهمیت است میزان دوزی اطلاعات که لیزر قادر است ارائه دهد. هنگام خرید دستگاه لیزر تراپی باید اطلاع یافت که آیا لیزر قادر است تمامی دوز مورد نظر را به بدن منتقل نماید. بیان سئوالاتی در خصوص میزان دوز لیزر تراپی قبل از خرید می تواند اهمیت فراوانی داشته باشد.

۵- شاید باور کردنی نباشد که تعداد از سازندگان دستگاههای لیزر تراپی اطلاعات مناسب و کافی در خصوص کاربرد پزشکی لیزر تراپی ندارند. به همین دلیل لیزر ساخته شده از بهره کافی برخوردار نمی باشد. توصیه می شود آن دسته از لیزرهایی خریداری شود که سازندگان آنها ارتباط تنگاتنگی با مراکز پزشکی معتبر دارند. در غیر این صورت مدت عمر این گونه لیزرها معمولاً اندک بوده و پس از مدتی باید هزینه هایی را صرف تعمیر و خرید قطعات یدکی آن نمود.

۶- کاتالوگ می تواند راهنمای خوبی رأی تهیه یک دستگاه لیزر تراپی باشد. تلاش شود قبل از خرید دستگاه کلیه پارامترهای دستگاه با کاتالوگ مطابقت داشته باشد.

۷- گرفتن برگه گارانتی از فروشنده و نیز آموزش همراه با دستگاه الزامی می باشد.

۸- یک پارامتر مطمئن در هنگام خرید دستگاه لیزر تراپی، گرفتن آموش های لازم و نیز یافتن فروشندگان آنها می باشد که به راحتی اقدامات لازم جهت سرویس و نگهداری را عهده دار شوند. بارها مشاهده شده است که سازنده ای دستگاه لیزر تراپی را با قیمت نازلتری به بازار عرضه کرده است اما، به خاطر نداشتن سرویس لازم، دستگاه، مدت لازم به کار گرفته نشده است.

۹- امروزه سرعت پیشرفت تکنولوژی سب شده است که هر ساله شاهد ظهور دستگاههای جدید تر لیزر تراپی با کیفیت بهتر باشیم. به هر صورت این مسئله واقعیتی است که تمامی عرصه های زندگی را متأثر کرده است و راهی گریزی از آن وجود ندارد.

امروزه لیزرهای مختلفی در امر لیزرتراپی بکار گرفته می شود. لیزرهای ماند نیمه هادیها، هلیوم نئون، گاز کربنیک و ... از انواع شناخته شده ای هستند که بیشتر از دیگر لیزرها در لیزر تراپی بکار گرفته شده اند. هیچیک از این نوع لیزرها به صورت مطلق کارآیی ندارند بلکه بکارگیری هر یک از آنها بستگی به نوع بیماری و درمان مربوط به آن دارد. به هر صورت فاکتورهای دیگری نیز در این زمینه نقش آفرینی می کنند که قبلاً به آنها اشاره شده است.

لیزر He-Ne اولین لیزری بود که در خصوص لیزرتراپی در دندانپزشکی مورد استفاده قرار گرفت. بیش از ۳۰ سال است که این لیزر در امر بهبود زخم مورد استفاده قرار گرفته است. توان خروجی این گونه لیزرها در حدود ۳-۱۰Mw می باشد. حداکثر دوز بکار گرفته شده برای درمان پوستی ۰/۵J/cm2 در اطراف زخم و نیز ۰/۲J/cm^2 در روی زخم باز می باشد. این لیزر همچنین در درمان التهاب لثه، زونا و تبخال کاربردهای مناسبی دارد.

لیزرهای نیمه هادی بخاطر کوچکی، سبک و ارزان بودن خود بیش از دیگر لیزرهای تراپی کاربرد پیدا نموده اند این لیزر با کمک پروب های مخصوص قادر است درمان التهابهای عمیق که نیاز به عمیق نفوذ پرتو لیزر می باشد را امکان پذیر سازد. توان خروجی این گونه لیزرها از ۱۰ mw تا چند وات است. این لیزر قادر است با فرکانس های چند کیلو هرتز و به صورت پالسی لیز نماید که بر گسترش کاربرد لیزر افزوده است.

لیزر گاز کربنیک که اغلب اوقات کاربردهای جراحی را از خود نشان داده است می تواند در امر لیزر تراپی نیز بکار گرفته شود. اگر دقت شود که پرتو این لیزر در محیط گسترده تری بر روی بافت پخش شود که سبب سوختگی نشود براحتی می توان آن را در لیزر تراپی بکار گرفت. انجام این عمل به راحتی توسط یک عدسی از جنس Ge و یا ZeSe قابل انجام می باشد.

امروزه تعدادی از سازندگان لیزر اقدام به ساخت لیزرهای گاز کربنیک با کاربرد تراپی نموده اند که به قیمت‌های نسبتاً بالایی به فروش می رسد. باید توجه شود که پرتو لیزر قدرت نفوذ به داخل بافت (پوست) را به هیچ وجه ندارد لذا این لیزر خاصیت biostimulative از خود نشان نمی دهد بلکه در بر همکنش با بافت سبب افزایش انتقال مواد بیشتر از طریق رگهای خونی سطحی می شود. همین خاصیت در دیگر لیزرهای تراپی با طول موج های متفاوت در عمق نفوذ بیشتر قابل مشاهده می باشد.

ذکر این نکته لازم است که میزان عمیق نفوذ به پارامترهای دیگری از جمله توان خروجی لیزر، رفتار زمانی لیزر (پیوسته، پالس) و همچنین طراحی مجموعه پروب های لیزر دارد. امروزه برای بهره وری بیشتر لیزر و نیز افزایش عمق نفوذ پرتو لیزر پروب هایی با ابعاد و شاکال مختلف ساخته می شود. جالب است که بیان شود بکارگیری لیزر تراپی حتی برای حیوانات سالهای متمادی است که رونق فراوانی گرفته است. پروب های ویژه سبب شده است که پرتو لیزر را براحتی بر روی پوست حیوانات منتقل نمود بدون آن که چشم و یا موهای بلند پوست مانعی برای این کار باشد. به لحاظ تکنیکی هموگلوبین خون عامل مهمی در جذب پرتوهای لیزر است. لذا هنگامی که پروب لیزر بر روی پوست قرار می گیرد مقداری فشار بر روی پوست سبب می شود که خون داخل رگ در آن قسمت از پوست به اطراف منتقل شود. بنابراین چگالی خونی که در برابر پروب لیزر قرار می گیرد به میزان قابل توجهی کاهش یافته لذا عمق نفوذ پرتو لیزر افزایش پیدا می کند.

اصولاً به سختی می توان میزان عمق نفوذ پرتو نوری را در بافت اندازه گیری نمود، چرا که در برهمکنش نور ا بافت و در هنگام عبور از بافت های مختلف چگالی فوتون کاهش می یابد. بنار تعریف هنگامی که تعداد فوتون های واحد سطح آنچنان کاهش یابد که هیچگونه اثر بیولوژیکی بر روی سلول ایجاد ننماید، انگاه این میزان عمق، حداکثر عمق نفوذ نامیده می شود. ناگفته نماند فاکتورهای دیگری از جمله رنگدانه های پوست، تمیزی و کثیفی پوست در عمق نفوذ پرتو لیزر در بافت حائز اهمیت می باشند.

برای مثال یک لیزر هلیوم- نئون با قدرت خروج ۳/۵mW دارای حداکثر عمق نفوذی برای ۶-۸mm را دارا می-باشند. هنگامی که توان خروجی این لیزر به مقدار ۷mW افزایش پیدا می کند عمیق نفوذ تا عمق ۸-۱۰mm

افزایش خواهد یافت. لیزر نیمه هادی در مقایسه با لیزر گازی He-Ne دارای عمق نفوذی بیشتری در حدود ۳/۵cm است.

هنگامی که این لیزر در مد پالس کار می کند توان قله آن بیش از هزار مرتبه از توان متوسط خواهد شد، لذا میزان عمق نفوذ تا عمق ۴۰-۵۰ mm افزایش پیدا خواهد کرد. در هنگام تماس مستقیم لیزر نیمه هادی با پوست با اعمال مقداری فشار سرعت روی پوست میزان عمق نفوذ به حداکثر میزان خود افزایش پیدا خواهد کرد. از ویژگیهای بارز لیزر تراپی این است که هنگامی که دوز اضافی به بافت تزریق شود، شاهد اثر biosuperssive خواهیم بود. این اثر سب می شود که معالجه زخم مدت زمان طولانی تر بطو انجامد ضمناً دوز اضافی هیچگونه ضرری برای بافت های سالم نخواهد داشت. این اثر بر طبق قانون Arndt-scholtz که برای تحریک بافتی صورت می پذیرد، رخ می دهد. بر طبق این قانون انرژی ناشی از دوز یک پرتو لیزر، تحریک فرآیند بیولوژیکی را به همراه خواهد داشت اما دوز اضافی مانع این فرآیند خواهد شد.

بکارگیری لیزر تراپی برای بیماران قلبی که دارای وسایل کمکی برای قلب هستند (باطری) هیچگونه ضرر و زیانی ندارد. علت این است که چنین وسایل الکتریکی هیچگونه واکنشی با پرتو نوی ندارند.

از نکات جالب لیزر تراپی این است که در این روش درمان شاهد هیچگونه افزایش حرارت بر روی بافت نمی باشیم. در اکثر مواقع میزان افزایش حرارت منطقه ای بر روی بافت به میزان ۱-۰/۵ سانتی گراد می باشد که تأثیر چندانی را بوجود نخواهد آورد.

یک لیزر نیمه هادی با قدرت خروجی ۳۰۰-۴۰۰mW ممکن است در نقاطی از بدن که پوشیده از مو می باشد تا حدودی درجه حرارت بافت را افزایش دهد.

۲-۴- کالیبراسیون

همانطور که می دانیم دستگاه های لیزر به ۲ نوع پرتوان و کم توان تقسیم میشوند. دستگاه های پر توان همان-طور که در قبل گفته شد برای اعمال برش و جراحی به کار میرود. در این دستگاه ها معمولاً در خود دستگاه ها کالیبراسیون دارد. به این ترتیب که می رویم در قسمت option دستگاه و به صورت نرم افزاری گزینه option را

انتخاب می کنیم. به این گونه که پروپ دستگاه را در یک پمپ می گذاریم، در این حال دستگاه خودش لیزر را می گیرد و توان را تنظیم میکند.

در دستگاه های لیزر کم توان (تراپی) معمولاً از لفظ Power meter استفاده می کنیم. یک سری از دستگاه های کم توان power meter دارند. اما دقت شود که این قسمت تنها توان خروجی پروپ دستگاه را به ما نشان میدهد و آنرا کالیبره نمی کند. در Power meter ای که در دستگاه های لیزر تراپی (کم توان) طراحی شده است یک فوتو دایود کار گذاشته شده است. همانطور که میدانیم فوتو دایود انرژی نورانی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند. این فوتو دایود کار گذاشته شده در Power meter نور خروجی از پروپ لیزر را دریافت میکند و آنرا به انرژی الکتریکی تبدیل میکند و این توان اندازه گیری و محاسبه میشود و بروی صفحه دستگاه توان خروجی دستگاه نشان داده میشود. Power meter تنها توان را به ما نشان میدهد و آنرا کالیبراسیون نمی کند. اما دستگاه هایی که دارای سیستم کالیبراسیون میباشند به این ترتیب عمل میکنند که لیزر را sence میکنند و بعد میرود در داخل دستگاه خروجی را با آن چیزی که دستگاه نشان میدهد مقایسه می کند و سپس بر آن اساس آن را تنظیم می کند.

و لیکن دستگاه های تراپی را مجبوریم دستی کالیبره کنیم. به این ترتیب که ابتدا به کمک Power meter توانش را اندازه می گیریم. مثلاً در دستگاه لیزر Mustang که یک دستگاه کم توان و پالسی است می دانیم که max توان خروجی می بایست ۱۰۰ وات باشد ولی power meter مقدار ۸۰ وات را نشان میدهد، پس می فهمیم که توان دستگاه افت کرده و کالیبراسیون دستگاه دچار اشکال شده است همانطور که ذکر شد دستگاه های کم توان از جمله mustang دارای سیستم کالیراسیون نیستند و ما باید به طور دستی آنرا کالیبره کنیم. در برد این دستگاه ها پتانسیومتری هست که میتواند توان دیود را کم کند. در مورد دستگاه های لیزر تراپی دایودی ممکن است توان دایود افت کند در این صورت هر اندازه هم که توان دستگاه را بالا تر ببریم دستگاه بیشتر از آن نمیتواند بکشد. در این مواقع اصلاً باید دیود را عوض کنیم، چون ممکن است با بالا بردن بیش از حد توان دیود بسوزد. پارامتر هایی که میتوانند کالیبراسیون دستگاه را به هم بزنند به ۲ نوع مکانیکی و الکتریکی تقسیم میشوند:

۴-۲-۱- عامل های مکانیکی در به هم خوردن کالیبراسیون

مثلاً یکی از پارامتر های مکانیکی از بین رفتن کالیبره فایبر است. نکته مهمی که در طی این مدت وجود داشت این بود که برای پزشکان فیبر نوری از لوازم خیلی مهمی است . مثلاً یک دستگاه IPL داشتیم که پروپ این دستگاه خیلی سنگین بود و پزشکی که با این پروپ کار می کرد گاهی مجبور بود ۲۰ دقیقه متوالی اسکن تماسی برای بیمارانی که مشکل درد و سلولیت داشتند انجام دهند و همین امر باعث خستگی پزشک می شد و گاهی باعث می شد که نتواند با نیرو و فشار کافی اسکن فشاری را انجام دهد و نتیجه افت می کرد، برای همین به پروپ یک فیبر نوری متصل کردیم تا این مشکل اپراتور حل شود و این عمل را با فیبر نوری بجای پروپ انجام دهد. نکته ای که هست این هست که فیبر نوری هر یک ضریب جذبی دارند که بر روی فایبر ذکر می شود و اگر ذکر نشود این ضریب جذب برابر ۵۰٪ است ، اپراتور حتماً باید در تعیین دوز ، ضریب جذب را نیز در نظر بگیرد و در محاسبه توان باید توان را در ضریب جذب کند.

در دستگاه هایی که به فایبر متصل اند چنانچه فایبر در محل اتصال درست fix نشده باشد همین سبب میشود که خروجی دستگاه افت پیدا کند. اگر فایبر از تنظیم خارج شده باشد و در اینصورت لیزر به طور کامل وارد فایبر نمیشود و همین عامل سبب میشود که خروجی دستگاه ما افت پیدا کند. این یک عامل مکانیکی است پس باید دقت کنیم که مرکز فایبر دقیقاً در همان نقطه ای باشد که نور می خواهد از آن رد شود و خارج شود. یکی دیگر از عواملی که کالیبراسیون را به هم می زند کدر شدن فایبر متصل به پروپ دستگاه است. این عامل سبب افت توان خروجی دستگاه میشود.

۴-۲-۲- عوامل الکتریکی در به هم خوردن کالیبراسیون

باید دقت شود که فایبر های مختلف هر یک قابلیت متفاوتی در انتقال توان دارند. مثلاً یک دستگاه ممکن با یک فایبر ۲۰۰ میکرون ۳وات خروجی دهد ولی با یک فایبر ۶۰۰ میکرون ۵ وات خروجی توان بدهد. و چنانچه ما این فایبر را عوض کنیم می بایست از نو کالیبره کنیم.

۴-۳- معرفی چند نمونه از دستگاه های لیزر

دستگاه های لیزر را از نقطه نظر های متفاوتی میتوان تقسیم بندی کرد. یک نوع تقسیم بندی بر اساس توان لیزر میباشد. بر این اساس دستگاه ها به ۳ دسته تقسیم میشوند:

۱-لیزر های کم توان: این گروه به لیزر هایی گفته میشود که توان شان بین ۵۰۰-۰ میلی وات باشد.

۲- لیزر های متوسط توان: توان این گروه از لیزر ها ۸۰۰-۵۰۰ میلی وات میباشد.

۳- لیزر های پر توان: توان این گروه از لیزر ها بالاتر از ۸۰۰ میلی وات میباشد.

یک نوع تقسیم بندی دیگر بر اساس کاربرد لیزر ها میباشد. بر این اساس لیزر ها به ۲ دسته تقسیم میشوند:

۱- لیزر های جراح ۲- لیزر های تراپی

لیزر های تراپی عمدتاً در زیر مجموعه لیزر های کم توان میباشند و لیزر های جراحی در زیر مجموعه لیزر های پر توان میباشند. زمانی که با لیزر کم توان کار می کنیم مد نظر ما اثر شیمیایی لیزر بر روی بافت است. اثر شیمیایی لیزر به این صورت است که لیزر هموگلوبین خود را تحریک میکند. هسته هموگلوبین آهن است و لیزر بر روی Fe (هسته هموگلوبین) اثر می گذارد و آن را تحریک میکند و باعث افزایش انتشار هموگلوبین به نقطه مورد نظر میشود و در نتیجه خون رسانی به آن نقطه افزایش می یابد پس اکسیژن رسانی به آن نقطه نیز افزایش می یابد و درنتیجه آسیب بافتی سریعتر التیام می یابد. در لیزر های کم توان یا تراپی مد نظر ما آثار شیمیایی لیزر بر روی بافت است و این گروه از لیزر ها، کاربرد وسیعی در بخش بالینی پزشکی دارند. از جمله: کاهش درد، ترمیم زخم، کاهش حساسیت و آلرژی، درد مفاصل، ورم و بسیاری از ناراحتی های پوستی و درمان سلولیت و ناراحتی های گوش و ... کاربرد فراوانی دارد. همانطور که گفتیم خصوصیت اصلی این لیزر ها توان پایین این لیزرهاست. از این رو این لیزر ها معمولاً به صورت پیوسته و یا پالس مدوله شده میباشند.

در لیزر های پر توان و جراحی اثرات حرارتی و برش مد نظر است. از این رو از این لیزر ها معمولاً برای اعمال تهاجمی مانند: برش ها در جراحی، انعقاد بافت، لایه برداری پوست، برداشتن تاتو، خال و زگیل و انواع ضایعات پوستی و از بین بردن موهای زائد استفاده میشود. این لیزر ها توان بسیار بالایی دارند و از این رو اکثراً در هر پالس میباشند. همانطور که گفته شد پارامتر هایی که در توان لیزر های پالسی دخیل است عبارتند از: فرکانس،

توان قله و Pals duration. معمولاًهر چه یک دستگاه پالسی توان قله بالاتری داشته باشد. pals duration کوچکتری دارد. دستگاه های پالسی بر اساس زمان pals duration به ۳ دسته تقسیم میشوند:

۱- long pals: pals duration در این گروه در حد میلی ثانیه میباشد و این دستگاه ها عمدتاً برای درمان ضایعات عروقی و رفع موهای زاید کاربرد دارند.

۲- Q-Switch: pals duration در این گروه در حد نانو ثانیه بود و توان بسیار بالا میباشد. از این رو از این گروه برای برداشتن تاتو استفاده میشود.

۳- short pals: pals duration در این گروه در حد میکرو ثانیه بوده و از این لیزر ها برای جوان سازی و لایه برداری ظریف پوست استفاده میشود.

در ادامه تعدادی از دستگاه های لیزر معرفی شده اند. دستگاه های AZOR, mustang و لیزر های قلمی جز لیزر های تراپی و کم توان میباشند. و دستگاه IPL جز لیزر های پر توان میباشد.

۴-۳-۱- دستگاه Mustang

این دستگاه جز دستگاه های لیزر کم توان میباشد و در ۲ نوع ۴ کاناله و ۲ کاناله طراحی شده است. نوع ۴ کاناله اش شامل ۳ پروپ KLO4, KLO3, LO7 و یک کلاستر MLO1K میباشد.

این دستگاه یک دستگاه کم توان است. از این دستگاه برای درمان کمردرد، ناراحتی های عصبی مثلاً فلج عصب عضله صورت، برای درمان زخم و از بین بردن جای اسکار جراحی و... استفاده می کردند.

۴-۳-۲- پروپ KLO3

این پروپ ذاتاً مد تابش پیوسته دارد. ماده فعال آن GaALAS است. لیزر. لیزر دایودی است. این پروپ نور قرمز (R) با طول موج 630 نانومتر تولید میکند. توانی که این دستگاه تولید میکند ۱۰ میلی وات است، پس با توجه به فرمول E=P×T انرژی تولیدی در ۱ دقیقه، ۰/۶ ژول میباشد. همانطور که گفتیم مد تابش دراین پروپ پیوسته است و لیکن میتواند به پالس مدوله شده تبدیل شود و فرکانس از ۰,۵ تا ۳۰۰۰ ه رتز را بپذیرد. زمان قابل تنظیم در این دستگاه ۱ ثانیه تا ۹۰ دقیقه میباشد.

۴-۳-۳- پروپ KLO4

این پروپ ماده فعالش GaALAS است. لیزر دایودی است. مد تابش اش پیوسته است. این پروپ نور قرمز با طول موج ۶۳۰ نانومتر تولید میکند. توانی که این دستگاه تولید میکند ۲۰ میلی وات است. پس با توجه به فرمول E=P×T (زمان×توان= انرژی) در یک دقیقه ۱/۲ ژول انرژی تولید میکند. این پروپ با اینکه پیوسته است اما قابلیت تبدیل به پالس مدوله شده را نیز دارد و فرکانس از ۰,۵ تا ۳۰۰۰ هرتز را می تواند بپذیرد. زمان قابل تنظیم در این دستگاه ۱ ثانیه تا ۹۰ دقیقه میباشد.

۴-۳-۴- پروپ LO7

این پروپ نور مادون قرمز با طول موج ۸۹۰ نانومتر تولید میکند.

این پروپ لیزر دایود است. ماده فعال آن GAAS است. این پروپ ذاتاً پالس تابش میکند. پس ما برای یافتن انرژی تولید با توجه به فرمول:

زمان تابش× فرکانس×Plas duration× توان قله= انرژی

به دانستن مقادیر بالا نیاز داریم. توان قله برای این پروپ ۸۰-۱۰۰ وات میباشد. فرکانس قابل تنظیم از ۰,۵ تا ۳۰۰۰ هرتز است. اما معمولاً از فرکانس ۳۰۰۰ هرتز استفاده میشود تا انرژی تولیدی افزایش یابد و زمان ویزیت بیمار کوتاهتر شود. مگر در موارد خاص که نیاز به استفاده از فرکانس مشخصی با توجه به مشکل جسمی بیمار لزوم پیدا کند. پارامتر pals duration قابل تنظیم نبوده و مقدار ثابت ۲۰۰ نانو ثانیه را دارد. زمان تابش هم که مشخص است. حالا به عنوان مثال چنانچه ما از توان قله ۹۰ وات و فرکانس ۳۰۰۰ هرتز به مدت ۱ دقیقه استفاده کنیم، انرژی تولید مطابق زیر محاسبه میشود:

ژول ۳/۳۱۲=۳-۱۰×۳۳۱۲=۶۰×۳۰۰۰×۹-۱۰×۲۰۰×۹۲=انرژی

این مقدار انرژی تولید میباشد حالا چنانچه بخواهیم دوز تابشی را بدست آوریم باید مقداری انرژی را به سطح مقطع پروپ LO7 تقسیم کنیم. سطح مقطع این پروپ ۱ سانتیمتر مربع است.

پس دوز به دست می آید:

مورد دیگری که قابل ذکر است گاهی پزشکان برای بالا بردن دوز تابشی از کاهک هایی با سطح مقطع کوچکتر استفاده میکنند. مثلاً کلاهکی به اسم A3 هست که آن را سوپر پروپ LO7 قرار میدهند. سطح مقطع این پروپ ۱ میلی متر مربع میباشد. بنابراین میتواند دوز تابشی را تا ۱۰۰ برابر افزایش دهد البته این کلاهک توان خروجی را تا ۵۰٪ افت میدهد. کلاهک ها و نازل ها همه یک ضریب افت توان دارند که در کاتالوگ دستگاه ذکر میشود و چنانچه ذکر نشود آنرا بنا به قرارداد ۵۰٪ در نظر می گیریم. استفاده از کلاهک ها با سطح مقاطع مختلف در موارد بالینی یکی از مهمترین مسایل برای پزشکان میباشد.

در مراجه ای که به بخش لیزر بیمارستان میلاد داشتم دکتر مکملی بیماری داشتند که حدود ۱ سال قبل جراحی شکم داشتند و جای بخیه ها اسکار شدید و قرمز رنگی بر روی سطح وسیعی از شکم بر جای گذاشته بود. البته دکتر مکملی به این بیمار گفتند که اگر بلافاصله پس از عمل جراحی لیزر می گرفت این اسکار ها ایجاد نمی شد ولی الان به یک دوره ۱۵ جلسه ای که باید در جلسات اول تا حدود هشتم هفته ای ۲ بار مراجعه کند و پس از آن هفته ای ۱ بار بیاید .چون معمولاً در لیزر تراپی در ابتدا جلسات رابیشتر می گیرند تا دوز درمانی در اثر مداومت جلسات به میزان حداکثر برسد و پس از آن برای جلوگیری از اثر تجمعی لیزر جلسات را کاهش می دهند. تا اثر تجمعی خدای ناکرده ایجاد نشود. دکتر مکملی برای اسکار این بیمار از دستگاه Mustang استفاده کرد و از کلاهک A3 هم استفاده کرد که در زیر روند کار را توضیح می دهم:

یک بیمار بود که مشکلش درمان اسکار جراحی بود. برای ترمیم اسکار جراحی ما نیازمند استفاده از مادون قرمز هستیم. از آنجایی که اسکار ها معمولاً دارای چسبندگی زیاد میباشند پس نیاز است از نور مادون قرمز با طول موج ۸۹۰ نانومتر استفاده کنیم چون این طول موج بالاترین اثر را بر روی از بین بردن چسبندگی بافت اسکار دارد. برای از بین بردن این ضایعه ما باید به موضع دوز مهاری برسانیم که دوزی معادله حدوداً ۱۰ ژول است. حالا چنانچه ما از پروپ LO7 بدون کلاهک A3 این دوز را بخواهیم برسانیم چیزی حدود ۴ دقیقه باید به هر نقطه از اسکار تابش دهیم که در این صورت برای یک اسکاری که ۲۰ cm وسعت دارد زمانی معادل ۲۵ دقیقه نیاز است. حال چنانچه از کلاهک A3 بر روی پروپ استفاده کنیم توان خروجی در ثانیه ۵ وات است. دما به هر نقطه حدود ۳-۲ ثانیه تابش می دهیم که برای کل موضع زمانی در حدود ۱ دقیقه نیاز میشود. همانطور که می

بینیم با استفاده از یک کلاهک به میزان زیادی در زمان صرفه جویی میشود. و این نکته برای پزشکان از اهمیت بالایی برخوردار است.

چون در مرکزی که مشتریان زیادی دارد پزشک مجبور است سرعت کارش را بیشتر کند و نیز خود بیمار هم ترجیح می دهد که کارش سریعتر انجام شود.

نکته قا بل ذکر دیگر این است که گاهی بر روی سر پروپ قطعات مگنت قرار میدهند. که علت استفاده از آن افزایش خون رسانی به موضع تحت تابش است. و علت افزایش خون رسانی این است که خون از هموگلوبین تشکیل شده و هموگلوبین حاوی آهن است پس توسط مگنت به موضع جذب میشود و خون رسانی را افزایش میدهد.

۴-۳-۵- کلاستر MLO1K

این کلاستر شامل ۱۰ د ایود که هر یک ۵ وات توان تولید میکنند میباشد. هر تابش آن پالسی است . ماده فعال این لیزر GAAS است. این کلاستر نور مادون قرمز با طول موج ۸۹۰ نانومتر تولید میکند. سطح مقطع این کلاستر مستطیلی به مساحت 12 cm2 است و در دقیقه 1/2 j/cm2 دوز انرژی تولید میکند.

۴-۳-۶- دستگاه های لیزر قلمی

مد تابش در این لیزر پیوسته است. سطح مقطع تابش ۱ سانتیمتر مربع است. کلاستر ندارد. شامل طول موج ۴۵۰ نانومتر و ۶۳۵ نانومتر است. لیزر از نوع دایودی است. توان اش ۱۰۰ میلی وات است. دوز تولید در دقیقه ۶ ژول/cm2 میباشد. نکته ای که در مورد لیزر های قلمی باید توجه داشت این است که باید حواسمان باشد که هر ۱ دقیقه که دستگاه کار میکند حدود ۱۵ ثانیه به آن استراحت دهیم تا خنک شود. چون اگر یک سره روشن با شد امکان دارد دیودش بسوزد.نکته ای که قابل دکر می دانم اینست که موارد زیادی پیش می آمد که لیزرهای قلمی دیودی به علت استفاده زیاد می سوختند تنها به علت اینکه چندین دقیقه به طور ممتد استفاده می شوند می سوختند .در بیمارستان میلاد در بالا هر دستگاه برگرای به دیوار چسبانده بودند که تمام نکات ایمنی مربوط به آن دستگاه ذکر شده است. لیزر های قلمی قابلیت اتصال به انواع کلاهک ها را دارد.

۴-۳-۷- دستگاه AZOR-2K-O2

این دستگاه دارای ۲ پروب به نام های A3, A2 و ۱ کلاستر CL2 میباشد. اینک به اختصار در مورد هر یک از این پروب ها و کلاستر ها توضیح میدهیم:

* پروب A2

ماده فعال لیزر این پروب GAALAS است. مد تابش پیوسته است. ولی قابلیت تبدیل به پالس مدوله شده را نیز دارد. این پروب نور مادون قرمز با طول موج ۹۰nm تولید میکند و توان تولیدی توسط آن ۱۰۰mw-۲۰۰mw است. سطح مقطع پروب A2 این دستگاه/ سانتیمتر مربع میباشد. قابلیت پذیرش فرکانس از ۱۵۰۰-۲/۴ هرتز را در مد پالس مدوله شده دارد.

* پروب A3

ماده فعال لیزر این پروب GAALAS است. مد تابش پیوسته است. ولی قابلیت تبدیل به پالس مدوله شده را نیز دارد و میتواند فرکانس های ۱۵۰۰-۲/۴ هرتز را در مد پالس مدوله شده بپذیرد. سطح مقطع پروب ۰/۶ سانتیمتر مربع است. این پروب نور قرمز با طول موج ۶۶۰ نانومتر تولید میکند و توان تولیدی توسط آن ۲۵ میلی وات است.

۴-۳-۸- معرفی کلاستر CL2

ماده فعال لیزر این کلاستر GAALAS میباشد. مد تابش پیوسته است. کلاستر CL2 ترکیبی از دو نور قرمز و مادون قرمز را ساطع میکند. به این ترتیب که نور قرمز با طول موج ۶۶۰ نانومتر و با توان ۲۰ میلی وات و نور مادون قرمز با طول موج ۸۶۰ نانومتر و با توان ۸۰ میلی وات تولید میکند. سطح مقطع این کلاستر ۲۵ سانتی-متر مربع است.

فصل پنجم:

نکات ایمنی

۵-۱- نکات ایمنی

لیزر را میتوان به عنوان چشمه ی مولد اشعه الکترومغناطیس که تا حد ممکن به صورت موازی درآمده و از خاصیت تک رنگی، هم سویی، هم دوسی و شدت نسبتاً بالایی برخوردار است و قادر است باعث ضایعات برگشت ناپذیر در کاربران خویش در صورت عدم رعایت اصول اولیه ایمنی گردد دانست.

تمامی لیزر ها و اشعه های خروجی آنان (even laser pointers) از نوعی خطر بالقوه برخوردارند که انجام عملیات پایه ای و اصولی که ضامن حفظ سلامت کاربران لیزر (پزشکی، صنعتی، علمی و تحقیقاتی) باشند را ضرورتی اجتناب ناپذیر میسازد. لیزر ها از لحاظ انرژی به دو دسته پر توان و کم توان تقسیم میگردند. بر این اساس می بایست خطرات مستقیم شامل خطرات ناشی از تابش مستقیم یا انعکاس که قادر به آسیب چشم، سوختگی پوست و یا انفجار گازهای قابل اشتعال در محیط میشود به طور کامل مورد بررسی قرار گیرند.

از سوی دیگر خطرات غیر مستقیم ناشی از پرتو لیزر (Hazards non- beam) شامل خطرات ثانویه ای مانند بخار برخواسته از بافت، آسیب های مکانیکی و یا الکترونیکی را نباید به فراموشی سپرد. د راین سخنرانی ابتدا به تقسیم بندی لیزر ها از نظر نوع خطرات بالقوه پرداخته سپس روش های ایمنی شامل چگونگی کنترل دستیابی افراد به اتاق لیزر، استفاده از عینک های محافظتی، استفاده از ابزار و وسایل مناسب، نظارت بر سیستم کار و کنترل دستگاه و بالاخره حصول اطمینان از رابطه متقابل موثر بین اعضای تیم لیزر معرفی میگردد. سپس به معرفی استاندارد های بین المللی که در طول عمل با لیزر از آنها انتظار میرود مانند اعلامیه مقررات مربوط به خطرات و مراقبت از اتاق لیزر توسط پرسنل مجرب که توسط اداره استاندارد جهانی به منظور پیشگیری از خطراتی نظیر دستیابی و کار با لیزر توسط افراد نا مجرب و در نتیجه ایجاد حواس پرتس و اختلال کار کاربران ویژه (مانند جراحان)، انتقال نور لیزر به خارج از حیطه عمل و انواع آسیب های مکانیکی منتشر گردیده است می پردازیم.

۵-۲- طبقه بندی کلاس خطر لیزر

لیزر به ۴ کلاس تقسیم می شود:

کلاس ۱: در این دسته کم قدرت ترین لیزر ها جای می گیرند. این لیزر ها معمولاًخطری برای انسان ندارند و حتی اگر برای مدت کوتاهی به چشم تابانده شوند توانایی آسیب را نخواهند داشت. لیزر های فرو سرخ یا فرا بنفش در صورتی در این کلاس قرار می گیرند که در حداکثر زمان احتمالی تابش به چشم یا پوست در طول روز آسیبی به این اعضا نرسانند. اغلب لیزر های تولید شده در این دسته نیستند و تنها بعد از تعبیه پوشش های مناسب و انتقال به محصل مصرف (مانند ادارات و کلینیک ها)در این کلاس ها قرار می گیرند. اگر یک دستگاه لیزر کلاس یک د ارای پرتو خطرناک تری باشد،باید توسط پوشش قابل اطمینان حفاظت شده باشد و توسط علایم مناسبی این خطر به اطلاع افراد رسیده باشد. لیزر هایی که در اسکنر های بارکد در فروشگاه ها کار گذاشته شده اند و نیز لیزر های CD Player از این گروه هستند. این لیزر ها با برچسب زیر مشخص میشوند:

Class 1 laser product

کلاس۲: این لیزر ها که معمولاً لیزر های کم توان نامیده میشوند، خطری برای چشم ندارند مگر اینکه شخصی به مدت طولانی به منبع آن خیره میشود. از آنجا که رفلکس های نا خود آگاهی که برای حفاظت از چشم وجود دارند، درمورد نور های مرئی عمل میکنند. لیزر های کلاس دو به طیف نور مرئی (۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر) محدود میشوند. این لیزر ها با این برچسب مشخص میشوند:

Laser radiation: do not stare into beam class 2 laser product

کلاس ۳: لیزر های این کلاس قادر هستند که در مدت زمان رفلکس طبیعی چشم (زمان پلک زدن:۲۵ ثانیه)به این عضو آسیب برسانند. این لیزر ها در استفاده متداول، آسیب های پوستی یا بازتابش های خطرناک ندارند. لیزر هایی که در فیزیوتراپی و جراحی های چشم به کار میروند از این دسته هستند. لیزر های این کلاس به دو زیر گروه 3a ,3b تقسیم میشوند که تفاوت آنها در مدت زمانی است که به اعضای ذکر شده آسیب می رسانند. این زمان در مورد زیر گروه 3b کوتاهتر است. این لیزر ها با بر چسب زیر مشخص میشوند:

Laser radiation:
Do not stare into beam or view directly with optical instrument class 3b/3a laser product

کلاس ۴: این لیزر ها قوی ترین در میان لیزر های دیگر هستند و توانایی ایجاد آسیب در اعضای بدن و نیز ایجاد اشتغال در موارد سوختنی را دارند. بازتابش آنها از سطوح صیقلی نیز میتواند آسیب ایجاد کند. اغلب لیزر های جراحی در این گروه قرار می گیرند. این لزر ها، بر حسب زیر مشخص میشود:

Laser radiation:
A void eye or skin exposure to direct or scattered radiation class 4 laser productive

در مورد تمام لیزر های کلاس 4,3b در محل خروج پرتو لیزر است که با توجه به طول موج، قدرت لیزر خروجی و محل استفاده تعیین میشود.

۵-۳- تقسیم بندی لیزر از لحاظ انرژی

۱) لیزر های پر توان ۲) لیزر های کم توان

خطرات لیزر های پر توان به دو گروه تقسیم میشود:

۱- خطرات مستقیم ناشی از پرتو لیزر (beam hazard): شامل خطراتی است که ناشی از تابش مستقیم یا انعکاس یافته پرتو لیزر به بافت میباشد. مانند آسیب چشم، سوختگی پوست و یا انفجار گاز های قابل اشتعال در اتاق عمل.

۲- خطرات غیر مستقیم ناشی از پرتو لیزر (Hazards non- beam): شامل خطرات ثانویه ای مانند بخار برخواسته از بافت، آسیب های مکانیکی و یا آتش سوزی است.

برای برقراری ایمنی مناسب، خطرات اختصاصی هر دستگاه لیزر باید ابتدا شناسایی شود و بر اساس آن سیاست ها و روش های حفاظتی مکتوب گردد تا از بروز چنین حوادثی جلوگیری گردد. تمام افرادی که در اتاق عمل هستند و یا با دستگاه لیزر سر و کار دارند بایستی با استفاده از امکانات ایمنی آشنایی داشته باشند. هر طول موجی از لیزر خطرات خاص خود را به همراه دارد و نیازمند روش های ایمنی خاص خود میباشد.

۵-۴- روش های ایمنی

روش های ایمنی شامل کنترل دستیابی افراد به اتاق لیزر، استفاده از عینک های محافظتی، استفاده از ابزار و وسایل مناسب جراحی، نظارت بر سیستم کارکردی و کنترل دستگاه و بالاخره حصول اطمینان از رابطه متقابل موثر بین اعضای تیم لیزر و بیمار میباشد. پزشک، دانشجویان نظاره گر، مهندسین و تکنسین های سرویس دستگاه همگی بایستی از توصیه های ایمنی تبعیت کنند. تهیه یک توصیه ایمنی مکتوب که بتوان به هر فرد غیر پرسنل که وارد اتاق لیزر میشود ارائه کرد نیز کمک بزرگی است. بدین وسیله میتوان به این افراد آگاهی داد که چه رفتاری در طول عمل لیزر از آنها انتظار میرود. نصب آگهی یا اعلامیه مقررات مربوط به خطرات، مراقبت از اتاق لیزر توسط پرسنل مجرب، فراهم نمودن ابزار و وسایل حفاظتی در ورودیه اتاق لیزر (مانند عینک حفاظتی و ...) محدود نمودن حضور افراد در اتاق لیزر فقط به افراد دوره دیده و با تجربه،اضافه کردن پوشش-های محافظ به شیشه های اتاق عمل، در مورد لیزر هایی که از شیشه عبور میکنند همگی به حصول ایمنی کمک میکنند. اعمال کنترل در دستیابی به اتاق های لیزر از خطراتی نظیر دستیابی و کار با لیزر توسط افراد ناوارد و در نتیجه ایجاد حواس پرتی و اختلال کار جراح، انتقال نور لیزر به خارج از حیطه عمل و انواع آسیب-های مکانیکی حین عمل و انتقال دستگاه جلوگیری میکند. کلید دستگاه لیزر هیچ گاه نباید روی دستگاه لیزر رها شود، بلکه باید در جای خاصی نگهداری شود تا فقط افراد مجرب و آشنا با دستگاه به آن دسترسی داشته باشند.

۵-۵- خطرات ناشی از پرتو

آتش سوزی: آتش سوزی و انفجار در شرایطی که پرتو لیزر به سمت یک ماده یا گاز قابل اشتعال هدایت گردد، امکان پذیر است. این ماده میتواند ترکیبات حالت دهنده مو در ناحیه تحت درمان با لیزر باشد و یا موادی دیگر مانند اسفنج خشک،حوله خشک، ترکیبات الکلی، گاز متان، (در نواحی پری آنال)، گاز اکسیژن، پماد های چشمی، پلاستیک، مواد کاهنده چربی پوست (کار هگزیدین گلوکونال۴٪) و ترکیباتی با پایه ید وفور که کاملاً، خشک نشده باشد. برای اجتناب از این خطرات، ناحیه تحت عمل و تمامی مسیر عبور پرتو لیزر باید از هر گونه ماده قابل اشتعال عاری گردد. ابزار ایمنی شامل یک سطل آب در دسترس، کپسول اطفا حریق مخصوص وسایل الکتریکی که در وضعیت خوب عملکردی باشد،پتوی اطفا حریق که از جنس غیر تافته- non women) و پوشانیدن بیمار و وسایل جراحی با مواد پوشش های مرطوب یا غیر قابل اشتعال و غیر انعکاسی است.

وقتی که ضایعه ای پوستی را با لیزر CO2 و در حالت پیوسته (CW)بخار میکنید یک لایه سیاه از کربن روی پوست تشکیل میگردد. اگر این لایه برداشته نشود نور لیزر که توانایی نفوذ بیشتر به لایه های زیرین پوست را ندارد، توسط ذرات کربن جذب شده و با ایجاد super heating باعث آسیب گرمایی بافت های اطراف میگردد. وقتی که درجه حرارت کربن به 1000 درجه سانتیگراد برسد، جرقه زدن اتفاق می افتد که خود منجر به آتش سوزی، سوختگی بافت و آسیب وسیع پوستی میگردد. برای اجتناب از این خطر کافی است که بلافاصله پس از ایجاد این لایه کربنی سطحی، با برداشتن آن توسط گاز مرطوب جلوگیری کرد.

انعکاس نور لیزر از سطوح صیقلی نیز میتواند منجر به آتش سوزی و یا سوختگی بیمار، پزشک و یا پرسنل اتاق عمل گردد. این امر خصوصاً در صورت هدایت شدن نور لیزر به سمت سطوح فلزی و یا مواد براق و صیقلی اتفاق میافتد. وسایل مورد استفاده در ناحیه جراحی لیزر نیز باید دارای بار مثبت (anodized) گردند. داشتن یک پوشش تیره الزاماً به معنی غیر قابل انعکاس بودن نیست. سطوح فلزی باید خشن باشند، به طوری که نور تابیده شده اتفاقی را منتشر نکنند. لوازم جانبی پلاستیکی، محافظ چشم، محافظ دندان، تجهیزات تجاری نبایستی هرگز استفاده شوند، مگر آنکه ایمن بودن آنها برای طول موج خاص مورد استفاده قبلاًتست شده و به اثبات رسیده باشد. فویل های فلزی و یا پوشش های فلزی را نبایستی تا زمانی که ایمن بودن و غیر انعکاسی بودن

آنها به اثبات نرسیده است استفاده کرد. باید پوشش های پارچه ای مرطوب برای پوشاندن کامل هر گونه سطح فلزی در ناحیه عمل به کار رود. گزارش های متعددی از آتش سوزی هنگام استفاده از FLPDL (Flash Lump Pumped Dye laser) وجود دارد. تجمع گرمایی به دلیل جذب لیزر توسط کروموفور ثانوی (ملانین مو ...) و یا توسط مواد قابل اشتعال در محیط غنی از اکسیژن منجر به آتش سوزی میگردد. این اتفاق درمورد توده پنبه ای نیمه مرطوب پوشش چشم رخ داده است. گاز معمولاً با FPDL آتش نمی گیرد،مگر اینکه در محیط غنی از اکسیژن و حرارت و انرژی لیزر بالاتر از ۹j/cm2 قرار گیرد. خیس کردن گاز استریل با محلول نرمال سالین از آتش گرفتن آن جلوگیری میکند. مو در شرایط غلظت اکسیژن 100% با انرژی ۶ j/cm2 آتش می گیرد.

در انرژی ۹j/cm2 حتی اگر مو ها با سالین مرطوب شده ب اشد. مو ها می سوزند. چهار مورد سوختگی ابرو علیرغم مرطوب نمودن با سا لین در شرایطی که از ماسک اکسیژن استفاده شده بود. گزارش گردیده است که احتمالاً به دلیل نشت اکسیژن از محل ماسک در موارد یکه غلظت اکسیژن بین ۱۰۰ تا ۶۵٪ بوده رخ داده است. بروز آتش در فاصله ۸ سانتیمتری لوله اکسیژن نازال نیز اتفاق افتاده است. تنها ماسک و راه هوایی لارنژال (LMA) است که از نشت اکسیژن جلوگیری میکند.

۵-۶- خطرات چشمی

آسیب های چشمی در صورت استفاده از پوشش های چشمی مناسب با استفاده از یک سیستم و روش محافظتی مشخص و آموزش مناسب تمامی پرسنل اتاق عمل لیزر، کاملاًاجتناب پذیر هستند. لیزرهای کلاس ۳ با تابش مستقیم و با انعکاس از سطوح صیقلی میتوانند به چشم در مدت زمان کوتاهی آسیب برسانند و هرگز نباید از آنها بدون پوشش محافظتی چشم استفاده کرد. عینک های طبی.

شیشه ای معمولی چشم ها را از طول موج های کمتر از 300 nm و بالاتر از 2700nm محافظت می نمایند. همه عینک های محافظ چشم باید مارک طول موج و optical density برای آن طول موج مشخص را داشته باشند،علاوه بر این عینک های محافظ چشم باید دارای محافظ های طرفی از جنس پلی کربنات برای لیزر CO2 و مواد جاذب برای طول موج های 300-2700nm باشند.

لیزر CO2 با طول موج 10600nm توسط آب جذب میشود و بنابراین میتواند جذب لایه نازکی از اشک روی قرنیه شده، ایجاد آسیب گرمایی فوری، ولی گذرای قرنیه نماید. لیزر های فیبر نوری که طول موج های پایین تری را ساطع میکنند (مانند Argon) میتوانند از لایه های سطحی قرنیه و لنز عبور کنند و در حین عبور از لنز متمرکز شده و به قسمت های خلفی چشم هدایت شوند و در نتیجه آسیب دایمی برای شبکیه خصوصاً ماکولای بینایی (Fovea) ایجاد نماید. از آنجایی که بسیاری از لیزرها برای ناحیه پری اربیتال مورد استفاده قرار می گیرد، استفاده از Shield اربیت بسیار حایز اهمیت است.

انواع تجاری پلاستیکی و با رنگ های تیره این نوع shield ها گرم میشود و یا درصدی از نور لیزر ها خصوصاً آرگون و FLPDL را از خود عبور میدهند و میتوانند باعث آسیب به چشم شوند. Shield های فلزی محافظت لازم از چشم را هم از نظر برخورد با نور مستقیم و هم از نظر گرما به عمل می آورند. این Shield ها سطحی غیر صیقلی دارند تا نور را منعکس ننمایند، با این حال نازک بودن آنها باعث میشود که مقداری از گرما به چشم منتقل میشود. انواع ضخیم تر هر چند گرما را کمتر عبور میدهند ولی به دلیل سطح صیقلی، ریسک بالای انعکاس نور لیزر به طرف چشم جراح را به همره دارند.

انعکاس نور لیزر معمولاً از سطوح صاف و آینه ای صورت می گیرد. خشن نمودن سطوح بیشتر از تیره کردن آن در پراکنده نمودن نور لیزر موثر است. بنابراین سطح خشن و تیره ایمنی بیشتری را از این نظر تامین میکند.

عینک محافظ باید دارای خصوصیت زیر باشد:

- دارای نشانه طول موج و optical density باشد.
- دارای side shield باشد.
- مطابق ابعاد صورت باشد و به راحتی روی آن قرار گیرد، هیچ گونه ترک، خراش یا آسیب دیگری به اجزای آن وارد نیامده باشد.

همیشه قبل از به چشم گذاشتن عینک محافظ را از جهت خصوصیات فوق بررسی نمایید. تمیز کردن عینک با سطوح خراشنده و یا محلول های الکلی و یا صابون و پاک کننده ها ممکن است پوشش محافظ optical را مخدوش کند و باعث آسیب چشم گردد.

۵-۷- خطرات دندان

هنگامی که در اطراف دهان عمل لیزر انجام میشود، دندان ها نباید در معرض تماس با نور لیزر قرار گیرند. بسیاری از بیماران از روکش و یا دندان های مصنوعی استفاده میکنند که در صورت تماس با نور لیزر با توان بالا ممکن است ترک خورده و یا تغییر رنگ دهند. دندان ها را میتوان با یک گاز خیس شده با سالین یا محافظ‌های خاص طراحی شده برای این منظور محافظت نمود.

۵-۸- خطرات غیر وابسته به پرتو

الکتریکی: ملاحظات ایمنی الکتریکی در مورد دستگاه های لیزر، مثل هر دستگاه الکتریکی مورد استفاده در خدمات بهداشتی و درمانی باید مد نظر قرار گیرد. پرسنل اتاق عمل لیزر باید سوئیچ پایی (Foot Switch) سیستم ها اتصال، فیوز ها و سایر ضمایم الکتریکی را از نظر سالم بودن و درست بودن اتصالات قبل از شروع به کار بررسی نمایند.

خطرات دود ناشی از جراحی و نحوه مقابله با آن کانون بحث و بررسی موسسات تخصصی علاقمند به کنترل کیفیت هوا گردیده است. تحقیقات نشان داده است که دود ناشی از جراحی، صرفنظر از منبع تولید کننده (لیزر، الکترو کوتر و ...) حاوی کربن (موتاژبیک)، خون و پاتوژن های خونی، ذرات ویروسی، باکتری ها و انواع متنوعی از گاز های توکسیک شامل بنزن، فرمالدئید و اکرولئین میباشد. علاوه بر این پرتاب شدن شدید ذرات بافتی به اطراف به دنبال انفجار های کوچک ناشی از لیزر های Q-Switch مانند (لیزر های Dye , Ruby, Nd:YAG) توجه زیادی را به خود جلب کرده است. اجزا بافتی که در حین عمل لیزر به اطراف پاشیده میشود نیز حاوی ذرات خطرناک میباشد. در پرسنل اتاق عمل هایی که به دلیل فقدان سیستم تهویه مناسب در محیط آلوده به دود کار میکنند، بیماری های سیستم تنفسی و دهانی- گوارشی متعددی گزارش شده است.

دود چه در نتیجه عمل لیزر و چه در نتیجه عمل با سایر وسایل جراحی میتواند خطراتی ایجاد کند. این خطرات از سال ۱۹۸۶ شناخته شده اند. مطالعات نشان داده اند که دود ناشی از لیزر CO_2 حاوی ذرات خطرناکی مثل ویریون دست نخورده و یا DNA ویروسی میباشد. حتی DNA ویروس HIV در دود ناشی از لیزر یافت شده است،هر چند فاقد توانایی رپلیکاسیون بوده است این ممکن است به دلیل مخدوش شدن تمامیت ساختمان ویروس HIV با لیزر باشد.

منابع

۱. مبانی لیزر پزشکی ، مولف دکتر عباس مجد آبادی ، ناشر : انتشارات گسترش علوم پایه ، چاپ : ۱۳۸۱، تهران .

۲. لیزر تراپی ، مبانی ، اصول و کاربرد لیزر کم توان ، مولفان : مهندس رضا اسلامی فارسانی ، دکتر بابک آشتیانی عراقی ، دکتر سید کامران کامروا ، دکتر فرهاد رضوان ، ناشر : بشری ، چاپ : ۱۳۸۴ ، تهران .

۳. اصول لیزر درمانی کم توان ، نویسنده : خانم دکتر سهیلا مکملی ، ناشر : انتشارات بشری ، چاپ :۱۳۸۴، تهران .

4. www.pubmed.com

5. www.MedLine.com

6. www.Laser.nu

7. www.healthstarlaser.com

8. www.Laser.net

9. www.seratus.com

10. www.Atten.com

11. www.thorLaser.com

12. www.Laserdevices.com

13. www.idfilaser.com

14. Nathan CS, Paul J, Abraham MM, Sasirekha M. Efficacy of Low Level Laser Therapy over Conventional Therapy on Diabetic Peripheral Neuropathy: A Pilot Study. Call for Editorial Board Members. 2019; 12(3):226.

15. Durso TA, Miletta NR, Iddins BO, Donelan MB. Laser Therapy for Scars. Total Scar Management: Springer; 2020. p. 173-84.

16. Haslerud S, Lopes-Martins RAB, Frigo L, Bjordal JM, Marcos RL, Naterstad IF, et al. Low-level laser therapy and cryotherapy as mono-and adjunctive therapies for Achilles tendinopathy in rats. Photomedicine and laser surgery. 2017; 35(1):32-42.

17. El-sharkawy ATM, Ahmad RE-SE-S. Effect of low-level LASER therapy combined with conventional physiotherapy on pain and quality of life in patients with Myofascial pain dysfunction syndrome. Egyptian Dental Journal. 2018; 64(4-October (Oral Surgery)):3111-23.