لیزر ومکانیزم آن

نوشتهٔ :

ح ـ پازنده

چکیده :

تابستان سال ۱۹۶۰ دنیا برای اولین بار شاهد پیدایش منبع نور کاملا جدیی بود این نور که دارای قدرت وتراکم زیاد میباشد میتواند توانی چندین بیلیون برابر قدرت تشعشع در سطح خورشید را ایجاد نماید واز طرفی چون دقیقاً قابل کنترل است ازآن میتوان حتی در جراحی چشم که عمل بسیار ظریفی است استفاده کرد. این اشعه صرفنظر از قدرت خیلی زیاد آن دارای خواص متمایزی از قبیل سوراخ کردن صفحات فولادی و آتش زدن زغال وغیره میباشد اشعه مزبور کاملا خالص وهمگی دارای یک‌طول موج بوده ونیز Coherent میباشد یعنی اینکه باهم اختلاف‌فاز نداشته وهمگی دریک فاز قرار دارند. دوخاصیت اخیرگرچه در ظاهرممکن است بی‌اهمیت جلوه کند ولی در تکنولوژی جدید حائز اهمیت فراوانی میباشد، نام این اشعه لیزر است واز

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

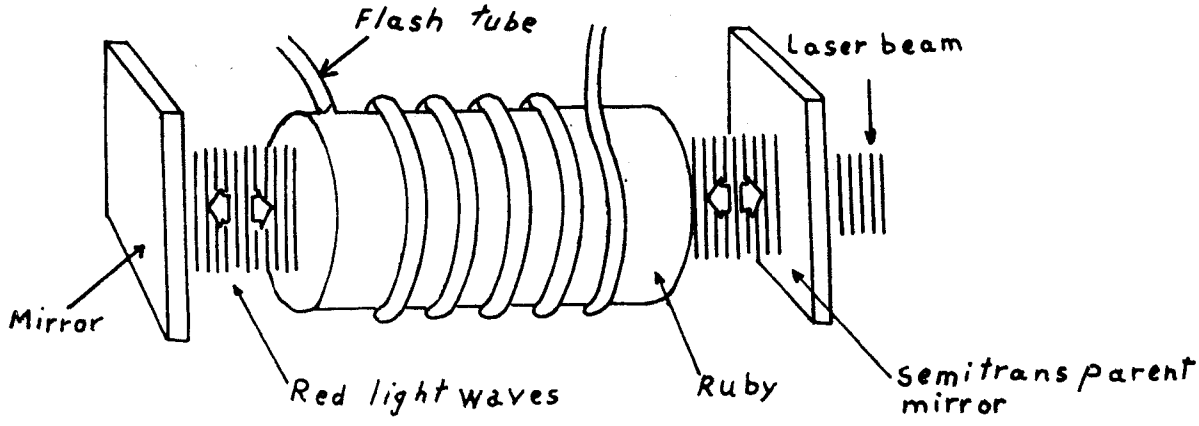
گرفته شده است شاید صحیح نباشد که باین اشعه نورگفته شود زیرا امروزه اشعه لیزر را میتوان‌در نواحی‌مادون قرمز وماوراءبنفش نیز تولید کرد وامید هست روزی بتوان به‌اشعهٔ لیزر باطول موج x نیز دست‌یافت.

لیزر امروزه بطور موفقیت‌آمیزی‌در پیوند شبکیه جداشده چشم‌ودر معالجات بعضی‌بیماریهای بدخیم‌به‌عنوان یک چاقوی بدون خون‌ریزی بکار رفته است.

لیزر در ارتش رهندون سلاح‌ها وسفینه‌های‌فضائی بوده وبرای جستجوی موشک‌ها بکار بسته شده‌است، هرقدر تحقیقات فضائی پیشرفت کندتکنولوژی لیزر دامنه زیادتری پیداخواهد کرد. باید انتظار داشت‌بکمک لیزر بتوان در آیندهٔ نزدیک تسهیلات فوق‌العاده‌ای در مخابرات وارتباطات بوجود آورد. بهرحال لیزر ممکن است باایجاد انقلابی در قوانین بنیادی بشر را به‌تجسس ودرك بسیاری از مسائل مشکل فعلی که همیشه سدی فرا راه او بوده است قادر نماید.

اولین لیزر :

کسی که برای اولین بار لیزر را ساخت یک محقق امریکائی‌بنام T. H. Maiman بود که‌در کالیفرنیابرای شرکت هوائی Hughes کارمیکرد ،قسمت‌های اصلی‌دستگاه او که در شکل ۱ نشان داده شده است عبارت است‌از :



شکل ۱

یک لوله نوری Flash Tube و یک کریستال استوانه‌ای شکل روبی (روبی‌اکسیدآلومینیوم است که‌با مقداری از کرم مخلوط میباشد).

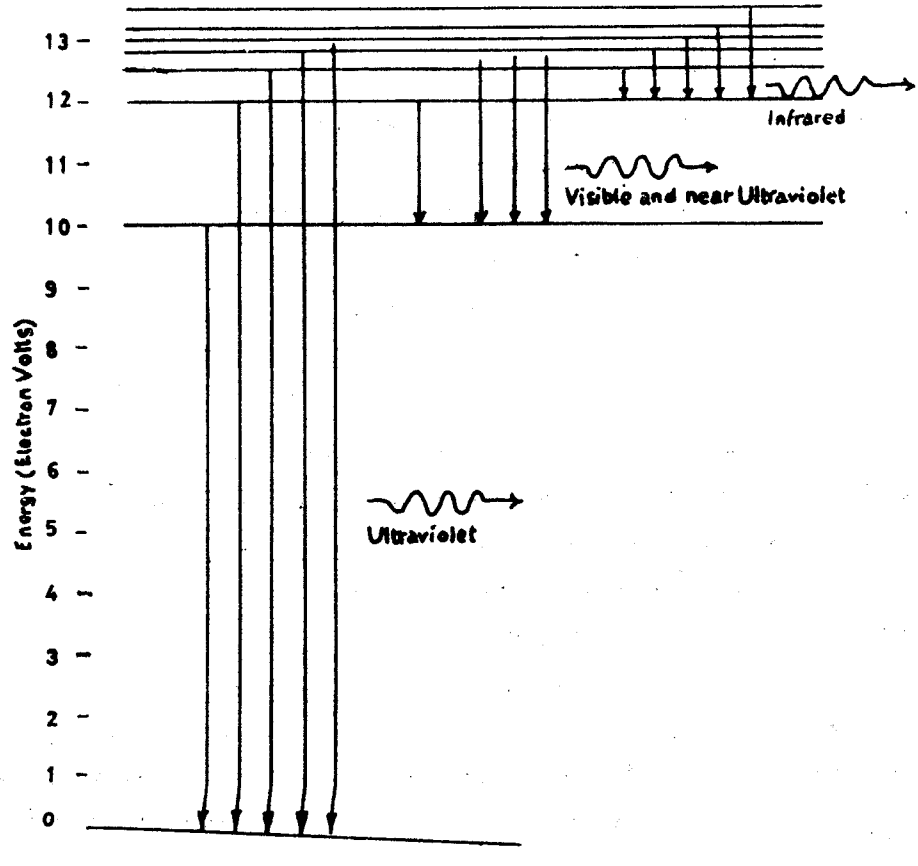
لوله‌نوری لوله‌ای است که میتواند نور خیلی شدیدی ایجاد کند. کریستال روبی در مدت خیلی کوتاهی (چند هزارم ثانیه) انرژی را از لوله نوری جذب کرده قسمتی ازآنرا مجدداً بصورت نور وقسمتی دیگررا بصورت حرارت پس میدهد. قسمت کوچکی از انرژی نوری که بتوسط کریستال‌روبی تولید میشود شامل پرتوهای قرمزرنگ میباشد که‌بموازات محورآن بحرکت در میایند. این نور بوسیله دوآینه‌ای که‌در طرفین کریستال‌ی‌روبی قرار دارد بجلووعقب منعکس شده و بنابراین دفعات زیادی از داخل کریستال روبی عبور میکند و چون این عمل تکرار شود شدت آن افزایش می‌یابد (amplified) یعنی انرژی بیشتری از روبی دریافت میکند. یکی‌از دوآینه روکش نازکی از نقره دارد وبنابراین تا اندازه‌ای شفاف می‌باشد ونیز همین‌آینه‌است که بقسمتی از اشعه که شدت آن بحد کافی رسیده باشد اجازه خروج میدهد و این همان اشعه لیزر است. از ۱۹۶۰ تاکنون انواع مختلفی از لیزر ساخته شده است ولی باید دانست که همگی‌دارای کریستال روبی نبوده ویاهمگی لوله‌نوری Flash Tube ندارند. چیزی که‌آنها بطورکلی ومشترك دارا میباشند یک‌ماده فعال (بعنوان مثال روبی) برای تبدیل انرژی باشعه لیزر،یک منبع تغذیه یاپمپاژ انرژی(بعنوان‌مثال‌لوله نوری) که‌انرژی لازم را تأمین میکند ونیز دو آینه که‌یکی ازآنهانیم شفاف میباشد.

جذب والتشار:

اتمها عامل انتشار نور میباشند وقتی کلید برق را روشن میکنیم جریان الکتریسیته انرژی لازم را به‌اتمهای تنگستن میرساند ومجدداً همین انرژی بصورت نور صادر میشود ویابه‌بیان ساده‌ترفیلامان لامپ تابندگی‌پیدامیکند بهمین ترتیب وقتی در یک‌لوله شیشه‌ای محتوی‌گازهیدرژن تخلیه الکتریکی ایجاد کنیم چیزی که اتفاق میافتد اینست که‌اتمهای هیدروژن انرژی لازم را از جریان‌الکترونها (اشعهٔ کاتدی) دریافت میکنند ومجدداً آنرابصورت نور وسایرامواج الکترو - مانیتیک صادر میکنند. برای دریافت وجذب انرژی توسط اتمها قوانینی‌وجود دارد. هراتمی دارای‌ترازهای انرژی معینی است که حالت پایدار آنرا مشخص میکند. ترازهای انرژی ساده‌ترین اتم هیدروژن در شکل ۲ نشان داده شده است.

در این‌دیاگرام واحدانرژی‌الکترون‌ولت است. این یک‌واحد رایج‌انرژی میباشد که درفیزیک اتمی بکار برده میشود والبته درمقایسه باواحدهای استاندارد دیگر بسیارکوچک میباشد مثلا یک کالری که‌گرمای لازم برای بالابردن درجه حرارت یک‌گرم آب بمیزان یک درجه است ۳۰×۱۰^{۱۸} برابر یک الکترون ولت است الکترون ولت‌را بصورت ev نشان میدهند.

پائین‌ترین‌تراز انرژی در دیاگرام حالت نرمال یاحالت بنیادی‌نام‌دارد. یک تراز بلافاصله‌بالاتر را که انرژی‌آن کمی بیش‌از ۱۰ الکترون ولت است بنام اولین تراز برانگیخته می‌نامند. معنای آن اینست که اتم هیدروژن نمیتواندانرژی کمتراز ۱۰ الکترون ولت را جذب کند بعنوان مثال اگریک اتم هیدروژن با ذره الکترونی از پرتوهای کاتدی باانرژی مثلا ۶ الکترون ولت برخورد کند ذره بدون اینکه بتواند انرژی خودرا به‌هیدروژن بدهد متفرق میشود زیرا هیدروژن در حالت بنیادی نمیتواند ۶الکترون ولت انرژی را جذب کند. از طرف دیگر اگر اتم هیدروژن باذره‌ای از الکترون باانرژی ۱۰ الکترون ولت یا بیشتر تصادم کند مقدار ۱۰ الکترون ولت ازآنرا جذب میکند و مازاد انرژی در الکترون باقی می‌ماند ونتیجتاً الکترون باسرعت کمتری بحرکت خود ادامه میدهد بدین ترتیب اتم هیدروژن در اولین تراز برانگیخته قرار خواهدگرفت اتم مزبوربرای مدت کوتاهی دراین وضعیت باقی خواهد ماند وسپس بحالت بنیادی سقوط میکند وبراثرآن مقدار ۱۰ الکترون ولت انرژی را بصورت بسته‌ای از امواج الکترومانیتیک تشعشع مینماید درصورتیکه اتم هیدرژن‌بتواند مقادیر بیشتری از انرژی را جذب کند ممکن است به‌ترازهای دوم و سوم وغیره صعود نماید. یک اتم در ترازهای بالاتر (حالات برانگیخته) را ممکن است به‌حالت یک فنر جمع شده تشبیه کرد درصورتیکه همان اتم در حالت بنیادی وضعیت فنر در حالت عادی را دارد. وقتی‌یک اتم از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پائین‌تری سقوط میکند انرژی از دست‌رفته بصورت بسته‌ای از امواج‌صادر میشود دریک‌لوله تخلیه الکتریکی محتوی هیدروژن که محتوی میلیونها اتم میباشد درهر لحظه تعداد زیادی ازآنها در حالت بنیادی وبعضی در اثر برخورد باالکترونها در ترازهای برانگیخته قرار میگیرند.اتم‌های تحریک شده (خواه بطور مستقیم ویاازطریق حالتهای‌واسطه) به‌تراز بنیادی سقوط کرده ودرهرمرحله امواج الکترومانیتیک مخصوصی را ایجاد میکنند. همزمان با اتفاقات اخیر اتم‌ها در اثر تخلیه الکتریکی از تراز بنیادی به ترازهای بالاتر برانگیخته میشوند بطوریکه پیوسته گاز انرژی‌را از الکترونها جذب نموده و بصورت امواج الکترومانیتیک بدنیای خارج صادر میکند. بطورکلی تقریباً همین اعمال در لامپ الکتریکی انجام میشود با این تفاوت که در لامپ بجای اخذ انرژی



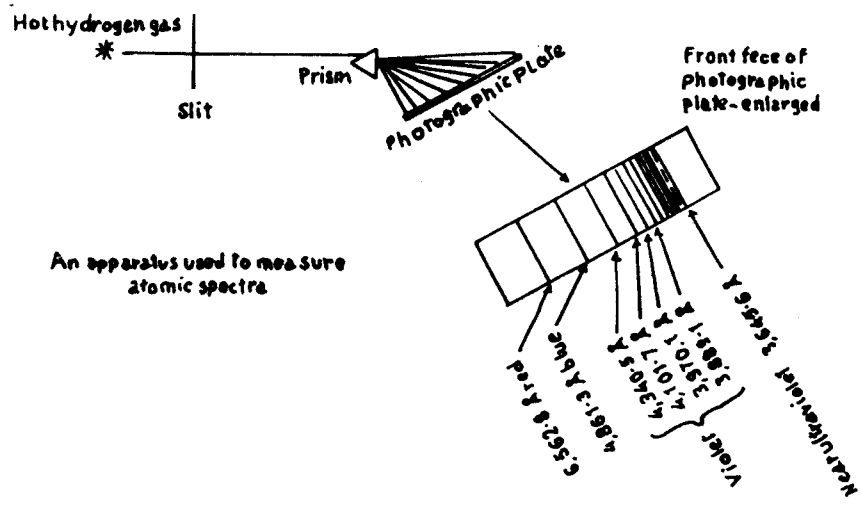
شکل ۲

از اشعه کاتدی توسط الکترون ، انرژی لازم بوسیلهٔ جریان الکتریکی تأمین میشود که اتم‌های تنگستن را برای بردن به ترازهای بالاتر تحریک میکند. البته باید در نظرداشت که ترازهای انرژی‌اتم‌های تنگستن نظیر ترازهای انرژی اتم هیدروژن نمی‌باشد. در حقیقت‌دیاگرام ترازهای‌انرژی یکی‌از خواص مشخصه هراتم میباشد وهیچگاه این دیاگرام برای دو عنصر مختلف یکسان نیست تعداد تواتر یک تشعشع که در اثر گذاشتن از یک تراز انرژی به تراز انرژی دیگر حاصل میشود بستگی به‌انرژی مبادله‌شده دارد. اگر اتم‌از تراز باانرژی E_2 به‌تراز انرژی E_1 سقوط کند تواتر حاصل به‌وسیله رابطه زیر محاسبه میشود.

$$E_2 - E_1 = h\nu$$

h ثابت پلانک‌و ν تواتر موج ایجاد شده میباشد باداشتن فرکانس یاتواتر بآسانی میتوان طول موج مربوطه‌را محاسبه کرد.

دیاگرام ترازهای انرژی هیدروژن (شکل ۲) ترانزیسیونهای مختلفی‌را که درمورد هیدروژن اتفاق میافتدبا سهم‌های قائمی نشان داده است هرقدر طول سهم بیشتر باشد تواتر اشعه صادره بیشتر خواهد بود . بعنوان مثال وقتی اتم هیدروژن از اولین تراز تحریک شده خود که دارای‌انرژی در حدود ۱۰ الکترون ولت است بحالت بنیادی سقوط کند تشعشعی بطول موج ۱۲۱۶ آنگستروم‌تولید میکند که‌در ناحیه ماوراء بنفش‌طیف میباشد. نورمرئی باطول موج‌های مختلف وقتی ایجاد میشود که اتم از دومین یا از ترازهای بالاتر باولین تراز برانگیخته سقوط کند درحالیکه ترانزیسیون‌هائی که به‌دومین‌تراز برانگیخته ختم میشوند امواج مادون قرمز را تشکیل میدهند.



شکل ۳

برای اینکه موضوع فوق بیشتر روشن شود مطابق شکل ۳نور حاصل از یک لوله‌تخلیه الکتریکی را باعبور دادن از یک منشور به‌طیف مشکله آن تجزیه کرده وسپس آنرا روی یک صفحه حساس عکاسی منعکس مینمائیم.وقتی آنرا ظاهر کنیم در روی صفحه یک سری خطوط باریک که بواسطهٔمناطق نور ندیده جدا شده‌اند دیده میشود. این ثابت میکند که نور خارج‌شده از لوله تخلیه الکتریکی فقطمحتوی بعضی فرکانس های مشخص میباشداین فرکانس یاتواترهارا ممکن است از روی تعیین محل خطوط در روی صفحهٔ عکاسی شناسائی کرد وبالعکس ممکن است ترازهای‌انرژی‌هیدروژن را از روی تواتر خطوط محاسبه نمود. علت انتخاب صفحه عکاسی بجای‌یک شیشه سفید رنگ این است که صفحه‌عکاسی میتواند علاوه برامواج مرئی بعضی از امواج ماوراء بنفش ومادون قرمز را نیز مشخص‌نماید.

ماتاکنون تعریف کرده‌ایم که امواج رادیوئی وامواج نوری هردو امواج الکترومانیتیک هستند که درطول

موج باهم اختلاف دارندولی باید توجه داشت که یک اختلاف مهم نیز بین آنها وجود دارد.

یک موج رادیوئی عبارتست‌از یک‌انتشار مداوم انرژی در صورتیکه امواج نوری از بسته‌های انرژی تشکیل شده است وانرژی هربسته برابر hf (fتواتر و h ثابت پلانک) میباشد. نوری که‌ازیک لامپ روشنائی خارج میشودگرچه ممکن است بنظر پیوسته برسد ولی در حقیقت غیر پیوسته بوده واز میلیونها بسته انرژی کوچک تشکیل شده است.

Stimulated Emission

ماتاکنون راجع به‌اتم‌هائی صحبت کرده‌ایم که برای تحریک شدن انرژی لازم را از جریان الکتریکی ویا تخلیه الکتریکی بدست میاورند. راههای دیگری نیز وجود دارد از جمله اتم میتواند انرژی لازم‌برای برانگیخته‌شدن‌رااز فوتون جذب کند. این عمل فقط‌هنگامی اتفاق میافتد که انرژی فوتون عیناً برابر باشد با اختلاف انرژی دو تراز در اتم یعنی ترازی که درآن قرار دارد ونیز ترازی که میخواهد برای برانگیخته‌شدن بآن صعودنماید. اگر فوتون دارای فرکانس خیلی کوچکی باشد انرژی لازم برای برانگیختن اتم را ندارد واما اگر خیلی زیادتر باشد شانس کمی برای‌جذب وجود دارد بنابراین انرژی باید دقیقاً یکسان باشد.

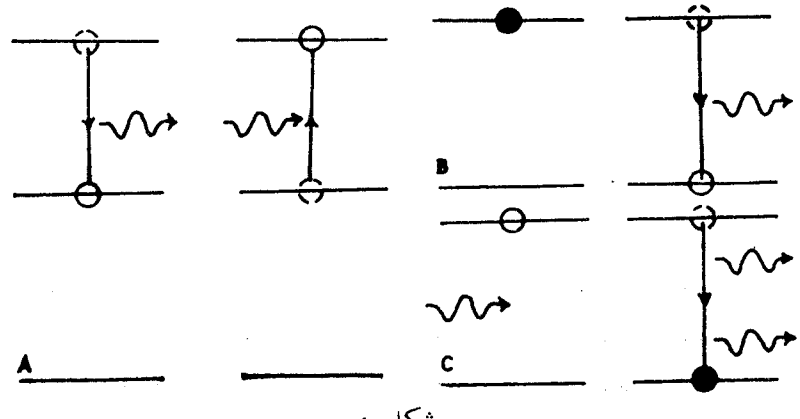
جذب را بطورساده میتوان باانتقال نور از بخار داغ سدیم به‌بخارسرد سدیم نشان داد، بیشتر اتمهای بخارسرد سدیم نسبت به‌بخار داغ سدیم در ترازهای پائین‌تر انرژی قرار دارند. برحسب تعریف فوتون‌هائی که‌از بخار داغ سدیم صادرمیشود دقیقاً دارای فرکانس صحیح برای تحریک این اتم‌ها میباشند (مرحله A شکل ٤).

درسال ۱۹۱۷ آلبرت اینشتین بطور نظری حقیقتی را اثبات کرد که امروزه دارای مفهوم تکنولژی بزرگی‌است. قبلاگفتیم که‌یک اتم میتواند از حالت‌برانگیخته E_2 سرانجام‌به‌ترازانرژی پائین‌تر E_1باصدور فوتونی باانرژی $E_2 - E_1$ سقوط کند این فرایند بنام انتشار خود به‌خود یا Spantaneous Emission معروف‌است. (دیاگرامBشکل ٤).

چیزی که اینشتین نشان داد این است که ممکن است پدیده‌ای بنام Simulated Emission قبل از وقت طبیعی (انتشار خود بخود) صورت گیرد.

چنانچه اتم درحالت برانگیخته‌بافوتون دیگری باانرژی $E_2 - E_1$ نظیر آنچه میتواندصادر کند، برخوردنماید بنابراین بعدازاین اتفاق دو فوتون میتواند ازآن محل‌سقوط کندیکی فوتون اصلی‌ودیگری فوتونی که‌Stimulation را موجب شده است.

اینشتین همچنین نشان داد که این دوفوتون باهم دریک جهت‌حرکت میکنند ودقیقاً هم فاز میباشند (دیاگرام C شکل ٤).



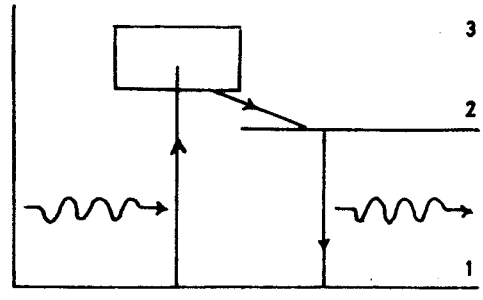
شکل ٤

بنابراین بآسانی‌دیده میشود که‌در فرایند Stimulated Emission که برطبق آن یک فوتون وارد میشودو دو فوتون خارج میشود اساس روشی پایه‌گذاری میشود که برای تشدید امواج نوری‌میتواند بسیارمفید باشد ولی‌بعلت اشکالاتی که در راه کنترل این‌پدیده که درفاصله زمانی کوتاه کمتراز یک‌صد میلیونیم‌ثانیه اتفاق میافتد وجود داشت‌توجه

وعلاقه کمتر کسی را حتی تاسال های اخیر بخود جلب کرده بود تااینکه در سال ۱۹۵٤ سه‌نفر محقق امریکائی بنامهای
Chareles H. Townes و H. J. Zeiger ، James P. Gordon
برای اولین مرتبه عملا ازآن استفاده کردند البته آنها فقط موفق شدند که امواج مایکرو را تقویت کنندولی کاری در مورد تقویت نور انجام ندادند. این امواج نیز همانطوریکه میدانیم امواج الکترومغناطیسی بوده وطول موج آنها از یک‌میلیمتر تا ۳۰ سانتیمتر تغییر میکند اسباب جدید بنام میزر نامیده شده که از
Microwave Amplification by Stimulated Emision of Radiation
گرفته‌شده‌است. درسال ۱۹۵۸ Townes باتفاق‌یک محقق کانادائی بنام Arthur L. Shawlow دریک مقاله تحقیقاتی نشان دادند که Stimulated Emission را میتوان نیز در تشدید نور بکار برد و دوسال بعد Maiman اولین کسی‌بود که لیزر را ساخت ودر ابتدا بنام Optical Maser نامیده شد و بعدازسه‌الی چهارسال نام Laser بطورکلی و وسیع پذیرفته شد.

اصول کار لیزر :

دیاگرام ٥ بعضی از ترازهای روبی را نشان میدهد قسمت سایه زده بالایی دیاگرام‌مربوط است به تجمع چند تراز انرژی که بفاصله بسیار نزدیکی نسبت بهم قرارگرفته‌اند ومجموعاً تشکیل یک باند انرژی را میدهند.



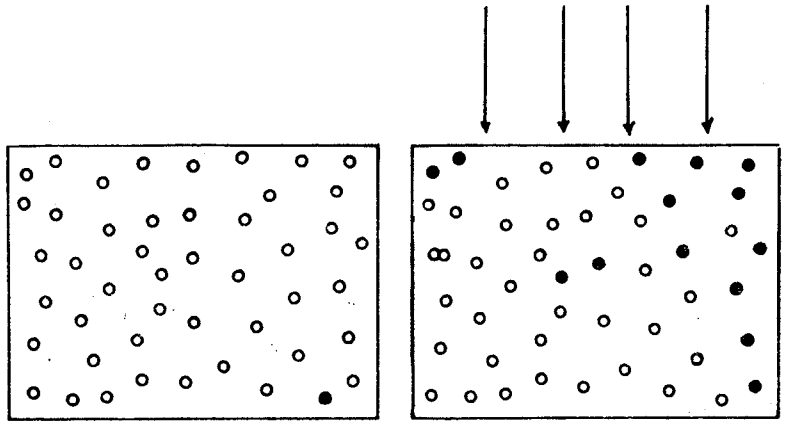
شکل ٥

بین بالاترین حد فوقانی وتحتانی این باند اتم کرم علیرغم عده دیگری از عناصر نظیر هیدروژن که دارای خطوط طیفی کاملا مجزا میباشند عملا دارای یک طیف پیوسته‌ای از انرژی میباشد واین از خصوصیات جامدات است که درآن‌خطوط خیلی‌نزدیک بیکدیگر بوده وباگازها که درآنها اتم‌ها کاملا از یکدیگر ومجزا میباشند تفاوت دارند. غیرازاین باند انرژی کمی پائین‌تر اتم کرم دارای یک تراز انرژی در حدود ۱/۸ الکترون‌ولت میباشد که تراز ۲ رادر دیاگرام ٥ تشکیل میدهد و از همین تراز است که در اثر سقوط اتم‌ها به‌حالت بنیادی اشعه لیزر تولید میگردد .

در حالت عادی بیشتر اتمهای کرم در حالت بنیادی هستند تا در حالات برانگیخته وهمیشه وقتی هراتم مقداری انرژی جذب میکند وسپس تشعشع می‌نماید یک ترافیک دائمی از اتم‌ها بین ترازهای مختلف انرژی برقرارمیشود وبطورکلی تجمع اتم‌ها در هرترازی در هرزمان یکسان خواهد بود و در اینحالت اتم روبی کار تشدید نور را نمیتواند انجام دهد زیرا فوتونی که از یک اتم کرم درست میشود مستقیماً بوسیلهٔ یکی دیگر از اتم‌ها که اکثراً در تراز بنیادی هستند جذب میشود برای اینکه:
Amplification by Stimulated Emission of Radiation
اتفاق‌بیافتدباید فوتون موقعیت مناسبی‌را برای ملاقات‌بااتم برانگیخته پیدا کند، کاری که‌لازم است انجام‌داد این است که یک وارونه تجمع Population Inversion موقتی ایجاد کرد یعنی‌وضعیتی‌را بوجود آورد که بیشتر اتم‌ها در حالت برانگیخته قراربگیرند تا وضعیت‌بنیادی مطابق شکل ٦

برای ایجادوارونه تجمع یا Population Inversion باید انرژی‌لازم‌برای صعود از ترازهای پائین‌تر به ترازهای بالاتررا به کریستال‌داد واین‌وظیفه لوله نوری یا Flash Tube میباشد. انرژی‌باید خیلی سریع باتم داده‌شود

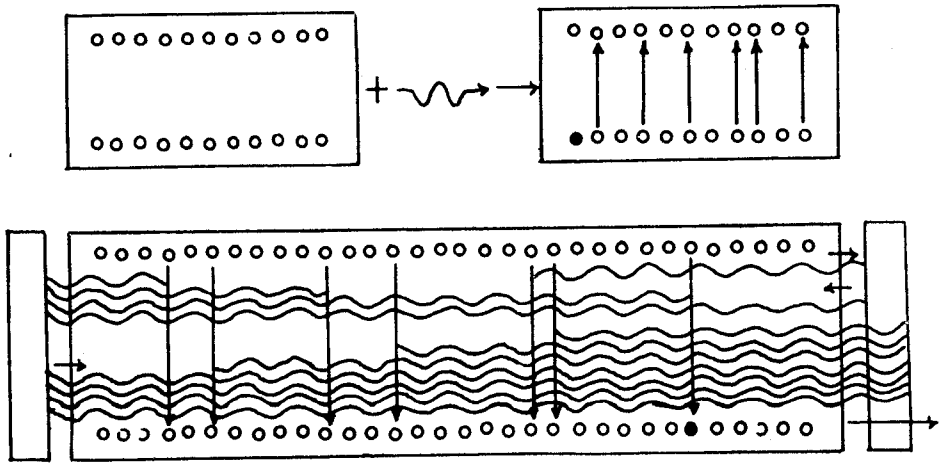
زیرا وقتی اتم به‌ترازهای بالاتر صعود کرد فقط مدت کمی درحدود چند هزارم ثانیه در انجاتوقف می کند وسپس بطور خودبخود بحالت بنیادی سقوط میکند .



شکل ٦

برای اینکار **Maiman** از یک نوع لوله نوری الکترونیکی پرقدرت که از منبع جریان قوی تغذیه میشد استفاده کرد و موفق شد که لزوم بکار بردن یک دانسیته نوری بحرانی **Critical Flash Intensity** را برای تولید اشعه‌لیزر اثبات نماید زیرا اگر دانسیته بکار رفته کوچک باشد اتم‌هافقط یک‌نور هم‌فاز معمولی‌را ایجاد خواهند کرد.

موضوع مهم دیگری که در پمپ اژ انرژی به‌اتم‌هاوجود دارد این است که لوله نوری نور با طول موجهای مختلفی را ایجاد میکند ولی ازبین آنها فقط طول موج بخصوصی که مطابق با اختلاف انرژی بین ترازهای ۱ و ۲ است‌میتواند اتم‌را از حالت بنیادی برای صعود به‌تراز بالاتر تحریک کند. دراینصورت بنظرمیرسد که همیشه مقدار بیشتری از انرژی تلف میشود وحالا فرصتی است که باند یانوار انرژی کار خود را انجام‌دهد. همانطورکه میدانیم باند انرژی از عده زیادی ترازهای انرژی که‌خیلی نزدیک بهم‌قرار گرفته‌اندتشکیل شده و بنابراین یک‌تراز انرژی ساده نمی‌باشد. این باند میتواند یک سری طول موج های مختلف را جذب کند ودرگرفتن انرژی از لوله نوری خیلی بهتراز یک تراز ساده‌عمل نماید.



شکل ۷

در حقیقت‌فرایند پمپاژانرژی عبارت از بردن اتم‌های کرم به محل این بانداز انرژی میباشد ولازم نیست که مستقیماً به‌تراز انرژی ۲ برده شوند. این اتم‌ها بعداز ،از دست دادن مقدارکمی از انرژی که بصورت حرارت دفع میشود به‌ترا ز۲سقوط می کنند بدین‌ترتیب تراز ۲ از لحاظ تعداداتم کثرت بیشتری نسبت به تراز ۱ پیدامی کند وبنابراین وقتی بدین ترتیب‌وارونه تجمع‌اتم‌ها یا **Population Inversion** صورت‌گرفت‌تشعشع پرتوهای‌لیزر شروع میشود.دیربازود

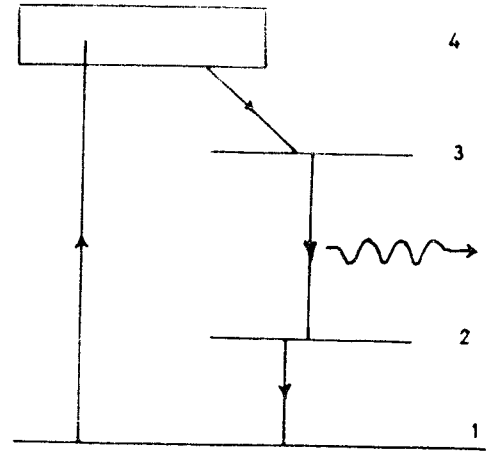
یکی‌از اتم‌های برانگیخته درم بحالت بنیادی سقوط میکند و یک فوتون صادر میکند. اگراین فوتون بایک اتم برانگیخته دیگر تصادم‌نماید حالتStimulation of Emissionصورت‌گرفته ودوفوتون مشابه خارج میشود ونیزاگراین فوتون‌ها بایک اتم برانگیخته دیگر برخورد نماید وضعیت قبلی تکرار شده وبدین ترتیب قدرت پرتو نوری بسرعت روبه‌افزایش خواهدگذاشت.

اگرپرتوهای نوری بتوانند در جهتی بموازات محورلوله حرکت کنند بوسیله آینه‌هائی که در دوطرف‌لوله قرار دارند منعکس شده ومجدداً از داخل کریستال روبی عبورمی کنند وباگرفتن انرژی‌از روبی شدت‌آن بازهم افزایش‌می‌یابد. بدلیل رفت‌وبرگشت نور بدفعات زیاد از داخل کریستال پس‌از مدت کوتاهی دانسیته نوری خیلی زیاد شده واشعه‌میتواند ازطریق آینه نیم شفاف خارج شود. زمان ضربان این اشعه $\frac{1}{2000}$ ثانیه میباشد.

فرایند کامل ایجادوارونه تجمع وافزایش دانسیته تشعشع درشکل ۷ نشان داده شده است—.

لیزرهای ضربانی پیوسته C. W.

لیزر روبی که شرح آن‌گذشت یک نوع لیزر ضربانی میباشد. اغلب لازم میشود بجای اشعه ضربانی اشعه پیوسته لیزر را تولید کرد که در اینصورت باید یک انرژی پمپاژ دائم بکار بردتا بتوان وارونه تجمع یا Population Inversion دائمی را برقرار کرد. این‌عمل را ممکن است بالیزرهای روبی هم انجام دادولی یک اشکال بزرگ وجود دارد زیرا وقتی اتم هااز باند جذبی به‌تراز ۲ سقوط میکنند مقدار زیادی از انرژی روی کریستال روبی‌میافتد وباعث میشود که کریستال بی‌اندازه‌گرم شود. خوشبختانه راه‌حلی برای رفع این اشکال پیداشده است. اگرتصورکنیم که‌ماده‌فعال دیگری غیراز روبی داشته باشیم که ترازهای انرژی آن مطابق شکل۸ باشد و عمل Lasing درآن بین ترازهای ۳و۲ انجام‌گیرد بعد ازاینکه یک فوتون باشعه لیزر ملحق شود اتمی که‌آنرا تولید کرده است برای لحظاتی در تراز ۲ باقی می‌ماند وسپس بطور خود به خود به تراز ۱ سقوط می‌کند. در اینحال برای اینکه Stimulated Emission را ایجادکنیم لازم است که Population Inversion را بین ترازهای ۲ و ۳ برقرار نمائیم و مهم نیست که حالت بنیادی (تراز ۱) از لحاظ تعداد اتم دارای تراکم بیشتری نسبت به‌هرکدام ازاین دو تراز باشد.



شکل ۸

در هرمجموعه‌ای از اتم‌ها نظیر اتم‌های هیدرژن در لوله تخلیه و یا اتمهای گرم در روبی حالت نرمال وضعیتی است که درآن هرگاه انرژی افزایش یابد تجمع یا تراکم کاهش پیدا کند به‌بیان دیگر همیشه اتم‌های بیشتری در تراز بنیادی قرار دارند تا ترازهای بالاتر وتجمع درهر ترازی بستگی دارد که بچه فاصله‌ای از تراز بنیادی قرار دارد حتی یک اختلاف نسبتاً کوچکی بین انرژی دوتراز، تراکم خیلی کمتری را در ترازباانرژی بیشتر موجب میشود .

در سیستم باچهار تراز انرژی که در شکل ۸ نشان داده شده است ترازهای ۲و۳ تراکم بمراتب کمتری از تراز ۱ دارند. تراکم معمولا درتراز۲ حتی خیلی بیشتراز تراز ۳ میباشد ولی اختلاف تقریباً به‌بزرگی بین ترازهای ۱و۲نیست در اینصورت انرژی خیلی کمتری لازم است که **Population Inversion** را بین ترازهای ۳و۲ ایجاد کرد وهمینطور درموقع سقوط انرژی کمتری روی کریستال میافتد. بنابراین خیلی راحت‌تراست که لیزر را بطور پیوسته بکار برد تاطریقه‌ضربانی

پیشرفت لیزرهای پیوسته **C.W.** مدیون‌پیدایش مواد فعالی است که‌دارای تراز های انرژی مناسب‌میباشند. امروزه لیزرهای **C.W.** دارای اهمیت فراوانی هستند گرچه باید در اینجا یادآور شویم که هیچگاه لزوماً تمام سیستم‌های با چهار تراز انرژی بطور پیوسته کارنمی کنند ویاسیستم هائی که بطور پیوسته کارمی کنند براساس استفاده از مواد فعال‌با با چهار تراز انرژی نمی‌باشند.

References :

1) Lascr system and applications, Herbert A. Elion, Pergamon Press, London, 1967.

2) Laser techuology and applications, Samuel L.Marshal, McGraw Hill Book Company, New York, 1968.

3) Essentials of Lasers, L. Allen, Pergamon Press, London 1969.

4) Lasers, A survey of their performance and applications, Ronald Brown, Business Books Limited, London 1969.