Akceptuję
W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej Polityce Prywatności

Podstawowe typy laserów niepółprzewodnikowych

Streszczenie

Jednym z kryteriów podziału laserów jest podział na lasery półprzewodnikowe i niepółprzewodnikowe. Lasery półprzewodnikowe, nazywane też diodowymi lub diodą laserową są z punktu widzenia ekonomii najbardziej perspektywiczne ze względu na małe wymiary, dość wysokie moce, łatwość modulacji prądem sterującym o wysokiej częstotliwości i możliwość uzyskania

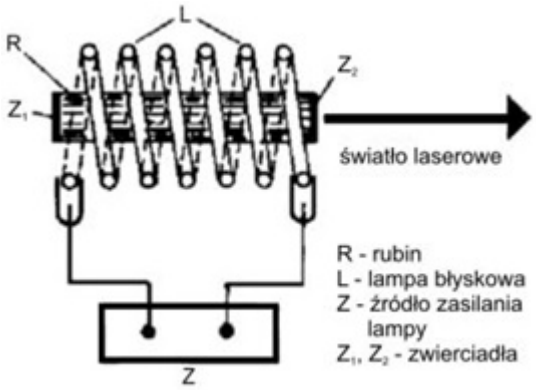
promieniowania od pasma bliskiej podczerwieni do skraju fioletowego pasma widzialnego. Obszarem czynnym takiego lasera jest półprzewodnik. Najczęściej laser półprzewodnikowy ma postać złącza typu p-n, w którym obszar czynny jest pompowany przez przepływający przez złącze prąd elektryczny**.** Drugą grupą laserów są lasery nie półprzewodnikowe, które różnią się rodzajem obszaru czynnego i sposobem jego pompowania.

Wprowadzenie

Najbardziej rozpowszechnionymi rodzajami laserów niepółprzewodnikowych są lasery **rubinowe, gazowe atomowe (He-Ne)**, **molekularne (CO_2)**, **gazowe jonowe (argonowy)**, **planarne (YAG) oraz lasery włóknowe.**

Laser rubinowy

Laser rubinowy to najstarszy znany laser. Został wynaleziony przez Theodora H. Maimana pracującego dla amerykańskiej firmy badawczej Huhges Research Aircraft Laboratory w Malibu w Kalifornii w 1960 roku. Podstawowe elementy budowy lasera rubinowego to pręt wycięty z monokryształu rubinu (Al_2O_3) domieszkowany Cr w postaci trójdodatnich jonów oraz lampa błyskowa wielkiej mocy mająca za zadanie wzbudzenie rubinu za pomocą błysków o mocy chwilowej rzędu megawatów.

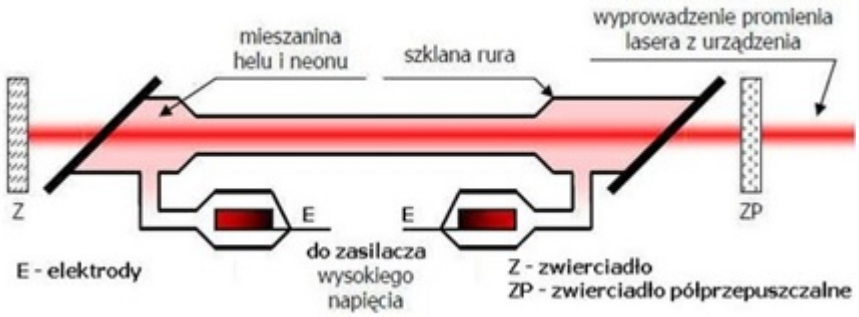


Rysunek 1. Schemat budowy lasera rubinowego [1].

Przy powrocie do stanu podstawowego występuje w nim emisja fluorescencyjna o długości fali 694,3 nm. Taki układ może działać jedynie jako wzmacniacz światła, jeżeli jednak potraktujemy go jako ośrodek czynny w rezonatorze optycznym złożonym z dwóch luster, gdzie pierwsze będzie całkowicie przepuszczalne, natomiast drugie półprzepuszczalne, to przy oświetleniu silnym błyskiem lampy rubin zostanie oświetlony w różnych kierunkach. Jeżeli teraz zostanie osiągnięta inwersja obsadzeń poziomów 1 i 2 oraz przekroczony próg akcji laserowej, to zauważymy emisję silnie ukierunkowaną, monochromatyczną i spójną o dużej gęstości spektralnej (Rys. 1).

Laser Helowo-Neonowy

Laser He-Ne jest najbardziej klasycznym laserem gazowym. Konstrukcję tego lasera przypisuje się Javanowi i jego współpracownikom, którzy wynaleźli go w 1961 roku. Ośrodkiem czynnym w tego rodzaju laserze jest gaz w stanie atomowym, w którym ze względu na znacznie mniejszy wpływ na siebie atomów (w porównaniu z ciałem stałym) rozmycie poziomów energetycznych jest znacznie mniejsze, co w efekcie daje węższy zakres długości fali promieniowania emitowanego przy przejściu atomów z poziomów wyższych na niższe. Laser taki emituje promieniowanie o stosunkowo dużym stopniu monochromatyczności, co jest niewątpliwą jego zaletą (Rys. 2).



Rysunek 2. Schemat budowy lasera He-Ne [2].

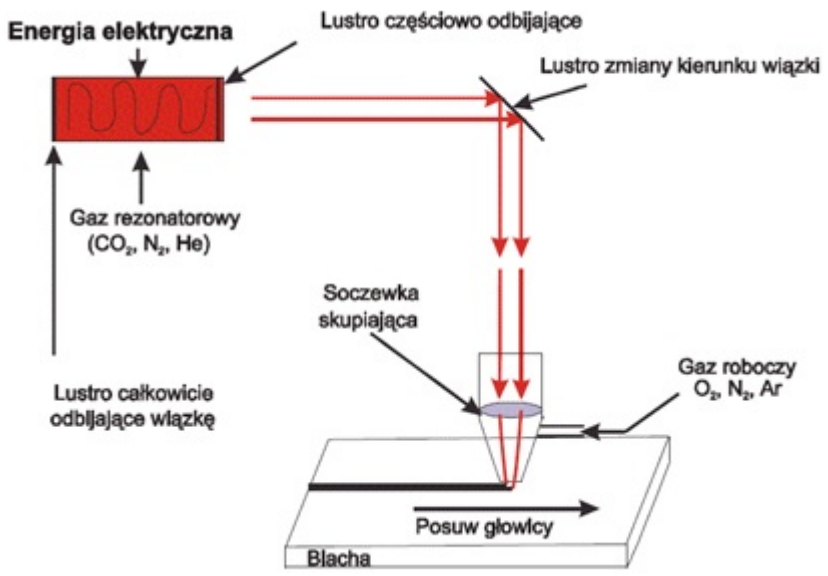
Pierwszy laser He-Ne zbudowany przez zespół Ali Javana miał wewnętrzne lustra dielektryczne i zasilany był napięciem o bardzo wysokiej częstotliwości rzędu 30 MHz. Rura wyładowcza o długości 1m wypełniona była He i Ne pod ciśnieniem ogólnym 113 Pa. Na rurze znajdowały się cylindryczne elektrody połączone z generatorem wysokiej częstotliwości o mocy kilkudziesięciu W. Taki laser miał niewielkie straty dyfrakcyjne i emitował promieniowanie podczerwone o λ=1,153μm (wiązka lasera widoczna była dopiero po zastosowaniu noktowizora), a jego moc wynosiła 1 mW.

Ponieważ gaz jest ośrodkiem rzadkim i słabo pochłaniającym światło, to wzbudzanie atomów metodą pompowania optycznego tak jak w laserze rubinowym jest mało wydajne. Dlatego starano się opracować metodę bardziej efektywną. Metodą tą okazało się wyładowanie elektryczne jakie można wywołać w gazie. Zastosowane do wzbudzenia wyładowanie elektryczne w gazie pod wpływem prądów o wysokiej częstotliwości nie było zbyt stabilne dlatego istotnym krokiem w rozwoju laserów gazowych stało się zastosowanie wyładowania stałoprądowego i opracowanie przez zespół Rigroda w 1962 roku rury wyładowczej zamkniętej obustronnie płytkami nachylonymi pod kątem Brewstera. Przy zastosowaniu takiego układu w tym samym roku White i Ridgen otrzymali po raz pierwszy ciągłą akcję laserową o λ=632,8 nm (zakres widzialny), co w krótkim czasie zapoczątkowało odkrycia laserów wytwarzających wiązki we wszystkich kolorach pasma widzialnego.

Lasery He-Ne pracują w trybie pracy ciągłej, przy czym w porównaniu z innymi laserami ich wiązka charakteryzuje się najwyższym stopniem monochromatyczności i spójności. Chociaż ma stosunkowo niską moc (zwykle kilkadziesiąt miliwatów), to ze względu na prostą budowę i niskie koszty wykonania. Są to jedne z najbardziej rozpowszechnionych i najczęściej wykorzystywanych laserów zarówno w laboratoriach naukowych, medycznych jak i przemysłowych.

Laser molekularny CO_2

Laser gazowy pracujący na dwutlenku węgla, jest klasycznym przedstawicielem laserów molekularnych. Został on skonstruowany przez Patela w 1964 roku, gdzie można było zaobserwować generacje na 13 liniach w obszarze widma podczerwonego o długości fali 10μm. Miał jednak stosunkowo niewielką moc 1mW, którą można było zwiększyć przez dodanie do CO_2 gazów pomocniczych (He i N). Pierwsze lasery molekularne na CO_2 zawierały mieszaninę gazów CO_2 i N_2 umieszczoną w rurze wyładowczej o długości 100cm i średnicy kilku cm. Główna linia emisyjna o długości 10,6μm mogła opuścić rezonator optyczny przez otwór w zwierciadle metalowym lub przez zwierciadło wykonane w całości z czystego germanu. Typowe napięcie zasilania rury wynosiło od kilkuset do kilku kV, a prąd wyładowania 50mA. Z jednego metra kolumny wyładowczej takiego lasera otrzymywano wiązkę podczerwoną o mocy 50W przy wydajności urządzenia rzędu kilkunastu % (Rys.3).



Rysunek 3. Schemat budowy lasera molekularnego CO_2 [3].

W roku 1969 Tiffany, Targ i Foster zaproponowali zmianę kierunku przepływu (przepływ prostopadły), w wyniku czego z 1m lasera otrzymali moc wiązki świetlnej rzędu 1 kW. W 1970 roku Beauli zastosował poprzeczne wzbudzenie iskrowe oraz zwiększył ciśnienie w laserze do 101325 Pa, laser ten nazwał TEA. W efekcie z jednometrowego lasera na CO_2 otrzymał impulsy świetlne o mocy rzędu MW. W laserze molekularnym moc wiązki świetlnej zależy od ciśnienia w rurze wyładowczej, przy czym zależność ta powinna być liniowa. W laserze typu TEA moc rośnie z kwadratem ciśnienia co powoduje znaczny przyrost mocy lasera.

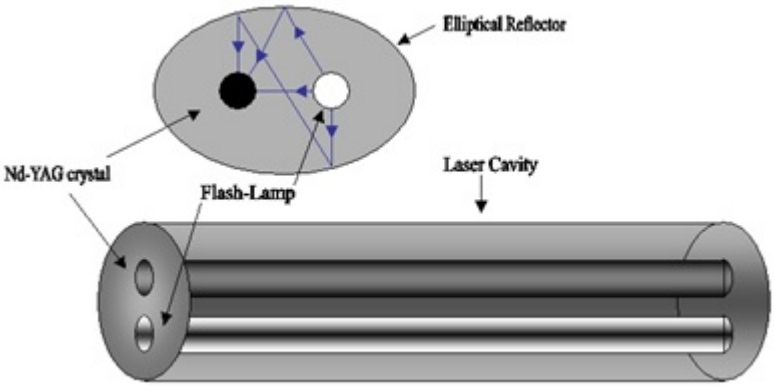
Obecnie lasery molekularne na CO_2 wytwarzają podczerwone wiązki fal o mocy rzędu MW a nawet GW i o energii pojedynczego impulsu rzędu kilkuset J.

Laser argonowy

Pierwszy laser argonowy skonstruowano w 1964 roku. Już wtedy zauważono, że wzmocnienie w rurze wyładowczej jest znacznie większe, niż w laserze He-Ne i niekiedy wynosi ono nawet 200% na 1m kolumny. Moc emitowanej wiązki (w impulsie) miała wartość kilku W. Miesiąc później skonstruowano laser o działaniu ciągłym o mocy wiązki 80mW. Pod koniec 1964 roku zbudowano już lasery dające 7W mocy w akcji ciągłej. Postępy w pracy nad laserami argonowymi były bardzo szybkie ze względu na duże zalety tych laserów. Jedną z nich jest promieniowanie w krótkofalowym zakresie widma, gdzie wiązki niebieskie, czy zielone można wykorzystać do badania zjawisk rozpraszania światła różnych typów np. Rayleigha, czy Ramana. Jednak nie są to lasery idealne. Ich główną wadą jest jednoczesna generacja kilku linii widmowych. Stosunkowo łatwo można otrzymać emisję monochromatyczną wprowadzając do wnętrza rezonatora optycznego lasera element dyspersyjny, taki jak pryzmat. Rury wyładowcze do laserów argonowych budowane są z materiałów ceramicznych, grafitu i tlenku berylu.

Laser YAG

Pierwszy laser planarny został skonstruowany w 1972 roku przez Van der Ziela. Była to, wykonana metodą epitaksji z fazy ciekłej, cienka warstwa krystaliczna YAG (monokrystaliczna warstwa granatu itrowo-aluminiowego) domieszkowana jonami Ho^{3+}, w której otrzymano generację fali o długości 2,1μm przy pobudzaniu impulsową lampą ksenonową. W rok później otrzymano także monokrystaliczne warstwy YAG domieszkowane Nd^{3+}, jednak jakość otrzymanych warstw była stosunkowo słaba (krótki czas życia fluorescencji i silna absorpcja) (Rys. 4).



Rysunek 4. Schemat budowy neodymowego lasera planarnego [4].

Ze względu na postępującą miniaturyzację ostatnio duże zainteresowanie wzbudzają miniaturowe lasery iterbowe, ponieważ długość fali generowanej w laserze Yb:YAG wynosi 1030nm i jest bliska centrum absorpcji jonów prazeodymu we włóknach fluorkowych. W związku z czym planarne lasery iterbowe wykazują większą moc i lepszą stabilność, niż lasery półprzewodnikowe i mogą wkrótce znaleźć zastosowanie jako źródła pobudzania wzmacniaczy prazeodymowych PDFA. Dotychczas największe zanotowane moce wyjściowe, przy pompowaniu diodowym uzyskano w planarnych strukturach z podwójnym płaszczem pracujących w układzie pobudzania krawędziowego. Było to

12,4W mocy wyjściowej na długości fali 1,03μm dla Yb:YAG i 15W mocy wyjściowej na λ=2,02μm dla Tm:YAG. Ponieważ sprawności różniczkowe dla tych laserów wyniosły 50 oraz 43%, może to w przyszłości prowadzić do stworzenia urządzeń generujących moce wyjściowe na poziomie 100W. Obecnie pomimo istnienia wielu sprawdzonych technologii otrzymywania planarnych światłowodów z aktywnych warstw granatów takich jak metody implantacji jonowej, ablacji laserowej, czy łączenia termicznego, jedynie epitaksja z fazy ciekłej pozwala uzyskać dobre gatunkowo warstwy i o na tyle niskiej tłumienności, aby mogły one znaleźć praktyczne zastosowanie jako struktury laserów planarnych i paskowych [5].

Laser włóknowy

Lasery włóknowe należą do urządzeń optoelektronicznych opartych na technologii światłowodowej. Do chwili obecnej w celu otrzymania generacji w laserach włóknowych wykorzystano ponad 50 różnych przejść promienistych jonów z grupy lantanowców, takich jak prazeodym, neodym, tul, holm, erb i iterb. Podstawowym elementem każdego lasera włóknowego jest światłowód domieszkowany jonami aktywnymi umieszczony wewnątrz rezonatora optycznego i pompowany optycznie, najczęściej promieniowanie półprzewodnikowych diod laserowych. Przy czym lasery te mogą pracować w różnych układach. Charakteryzują się one bardzo dużym wzmocnieniem jednostkowym, czego wynikiem są najmniejsze wśród laserów ciała stałego moce progowe i najwyższe sprawności różniczkowe. Powstanie w ostatnich latach wielu nowych materiałów i układów pracy tych urządzeń spowodowało ogólną dostępność laserów włóknowych dużej mocy i możliwość ich wszechstronnego zastosowania. Ponieważ lasery te mają duży stosunek powierzchni do objętości włóknowego ośrodka czynnego, eliminuje to problemy związane z odprowadzaniem ciepła, które najczęściej ograniczają pracę laserów dużej mocy. Poza tym mają one wysokie sprawności, przekraczające 80 %, co sprawia, że znajdują coraz większe zastosowanie w procesach przemysłowych, drukowaniu, znakowaniu, wojskowości, medycynie, telekomunikacji, czy układach czujników. Włóknowe lasery iterbowe pracujące na długości fali 1080 nm, gdzie wykazują najlepsze parametry i stanowią poważną konkurencję dla objętościowych laserów Nd:YAG w dziedzinie obróbki materiałów. Być może znajdą one także zastosowanie w mikrochirurgii (np. uruchomiony ostatnio włóknowy laser tunelowy), jak również przy usuwaniu tatuaży, zabiegach kosmetycznych, czy leczeniu raka skóry, gdzie wymagane jest promieniowanie widzialne, które można uzyskać przez podwajanie częstotliwości promieniowania podczerwonych laserów włóknowych.

Podsumowanie

Lasery półprzewodnikowe mają znacznie większą wydajność, niż typowe lasery niepółprzewodnikowe, jak rubinowy czy helowo-neonowy, szczególnie te pracujące w zakresie niskich temperatur. W porównaniu z laserami planarnymi YAG wykazują jednak mniejszą stabilność. Emisja promieniowania w laserach półprzewodnikowych spowodowana jest przepływem prądu elektrycznego w złączu półprzewodnikowym w odróżnieniu np. od lasera rubinowego, gdzie kwant promieniowania wysyłany jest przy przejściu ze stanu wzbudzonego do stanu podstawowego. Mimo tych zalet lasery nie półprzewodnikowe przegrywają konkurencje z laserami półprzewodnikowymi pod względem możliwości ich miniaturyzacji, a co za tym idzie i szerszego spektrum zastosowań.

Autor: Karolina Wójciuk

Literatura:

1.http://www.uniwersytetdzieci.pl/clubs/showselectedarticle/1459

2.http://pclab.pl/art40160-3.html

3.http://ciecielaserem.info/tag/ciecie-laserem-2/

4.http://www.phy.davidson.edu/stuhome/sethvc/laser-final/ndyag.htm

5.http://www.podstawyswiatlowodow.republika.pl/typy.htm

https://laboratoria.net/artykul/20670.html
Informacje dnia: Rozpoczął się pierwszy Festiwal Nauki i Innowacji Co naprawdę skręca polaryzację światła? Szczyt możliwości psychicznych przypada na okres między 55. a 60. r. ż. Wrzodziejące zapalenie jelita grubego Pierścienie Saturna "zniknęły" W Europie słabnie wolność akademicka Rozpoczął się pierwszy Festiwal Nauki i Innowacji Co naprawdę skręca polaryzację światła? Szczyt możliwości psychicznych przypada na okres między 55. a 60. r. ż. Wrzodziejące zapalenie jelita grubego Pierścienie Saturna "zniknęły" W Europie słabnie wolność akademicka Rozpoczął się pierwszy Festiwal Nauki i Innowacji Co naprawdę skręca polaryzację światła? Szczyt możliwości psychicznych przypada na okres między 55. a 60. r. ż. Wrzodziejące zapalenie jelita grubego Pierścienie Saturna "zniknęły" W Europie słabnie wolność akademicka

Partnerzy