



ЛАЗЕР — генератор електромагнітних коливань оптичного діапазону, дія якого ґрунтується на явищі вимушеного **випромінювання** квантовою системою **світла**. Термін «Л.» є акронімом англ. виразу «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation» / «підсилення світла за допомогою вимушеної емісії випромінювання» (запропонував 1959 амер. фізик Г. Гулд; див. **Лазерне випромінювання**). Конструкція Л. складається з актив. середовища, оптич. резонатора і джерела накачування. В актив. середовищі під дією накачування створюється інверсія населеності — нерівноваж. стан квант. системи, у якій рівень з вищою енергією є більш заселеним порівняно із нижчим енергет. рівнем. Квант. системами, у яких може створюватися інверсна населеність, є **атоми**, **молекули**, **іони**, напівпровідник. структури. Активне середовище має властивість підсилювати електромагнітну хвилю, резонансну переходу між рівнями з інверсією населеності. При розміщенні актив. середовища в оптич. резонаторі у системі виникає зворот. зв'язок, завдяки чому при досягненні порогового рівня підсилення створюються умови для генерації випромінювання. За типами актив. середовища (з погляду його фазового стану) розрізняють твердотіл., рідинні та газові Л. Серед твердотіл. Л. — рубіновий (кристал $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{3+}$, довж. хвилі $\lambda = 0,69$ мкм), неодимовий (іон Nd^{3+} у діелектрич. матриці: ітрію-алюмінієвий і гадоліній-галій-скандієвий гранати, скла, $\lambda = 1,06$ мкм), титан-сапфіровий (іони Ti^{3+} у матриці Al_2O_3 , генерація у широкій смузі 0,7–1,1 мкм), волоконний (активне середовище — оптичне волокно, доповане рідкоземел. атомами, напр., ербієм — генерація на довж. хвиль 1,53–1,565 мкм, або ітербієм — 1–1,1 мкм). Рідинні — Л. на розчинах орган. барвників (довж. хвиль 0,33–1,8 мкм, завдяки широкій лінії підсилення мають унікал. властивість перебудови (контрольов. зміни) довж. хвилі генерації у широких межах). Газові: He-Ne Л. (найбільш відома лінія 0,63 мкм, може генерувати також на ін. довж. хвиль у діапазоні 0,543–3,39 мкм), Ar⁺ іонний Л. (сильні лінії 0,488 та 0,5145 мкм), CO₂ молекуляр. Л. (10,6 мкм). За типами квант. систем поділяють на атомні, іонні, молекулярні, напівпровідник., ексімерні. За способом збудження вирізняють газорозрядні, хім., газодинам., з оптич., зокрема й лазерним, і ядер. накачуванням. Окремий тип — Л. на вільних електронах, у якому випромінювання генерується моноенергет. пучком електронів при його поширенні в ондуляторі — періодич. системі відхиляючих магніт. полів. У такому Л. відсутня інверсія населеності. Л. можуть генерувати випромінювання неперервно або у вигляді імпульсів. Світло, що генерується Л., має високу когерентність, на

відміну від ін., напр., тепл. джерел випромінювання. Ця властивість лазер. випромінювання дозволяє одержувати високу спектрал., просторову та часову густину світл. енергії, недосяжну при використанні нелазерних джерел світла. Л. може генерувати надкороткі світл. імпульси тривалістю усього кілька періодів коливань світл. хвилі (одиниці фемтосекунд), практично монохроматичне випромінювання, концентрувати велику енергію світл. хвилі в об'ємі з характер. розмірами порядку довжини хвилі. Л. завдяки унікал. властивостям лазер. випромінювання широко застосовують у науці та техніці, зокрема для записування оптич. голограм та інформації на оптич. дисках, передавання даних оптич. волокнами, оброблення конструкц. матеріалів (**різання**, **плавлення**, **зварювання**, **скрайбування**), у **лазерній спектроскопії**, інтерферометрії, мікроскопії, метрології, медицині (див. **Лазери в медицині**), військ. справі. Поняття вимушеного випромінювання увів 1916 проф. Берлін. університету **А. Айнштайн** для побудови послідов. теорії взаємодії тепл. випромінювання з речовиною. 1928 вчений Інституту фіз. хімії та електрохімії в Берліні Р.-В. Ладенбург експериментально спостерігав негативну дисперсію атомів неону в газовому розряді, що було прямим підтвердженням існування вимушених переходів у атомах. 1939 В. Фабрикант у доктор. дис., захищений у Фіз. інституті АН СРСР (Москва), вперше сформулював умови підсилення світла в атом. системі. 1954 вчені Фіз. інституту АН СРСР М. Басов і О. Прохоров незалежно від фізиків Колумб. університету (США) Ч.-Г. Таунса, Дж.-П. Гордона та Г. Цайгера створили квант. генератор — підсилювач мікрохвиль за допомогою індук. випромінювання, актив. середовищем якого був аміак. 1955 М. Басов і О. Прохоров запропонували трирівневу схему оптич. накачування для створення інверс. населеності в актив. середовищі. Для переходу від генератора електромагніт. коливань радіодіапазону (мазера) до квант. генератора оптич. діапазону (Л.) 1958 Ч.-Г. Таунс і А.-Л. Шавлов з амер. корпорації «Bell Labs» незалежно від О. Прохорова запропонували схему оптич. резонатора Л. на основі резонатора Фабрі-Перо (2 паралел. дзеркала, одне з яких напівпрозоре). Перший діючий Л. на кристалі рубіна з оптич. накачуванням (довж. хвилі 0,69 мкм) був продемонстрований у травні 1960 співроб. амер. компанії «Hughes Aircraft» Т.-Г. Мейманом. Через півроку у лаб. амер. корпорації «IBM» почав працювати інфрачервоний Л. на фториді кальцію з додаванням іонів урану, побудов. П. Сорокіним і М. Стівенсоном (практич. значення не набув, оскільки діяв лише при т-рі рідкого водню). У грудні 1960 дослідники з «Bell Labs» А. Джаван, В. Беннет, Д. Герріот

продемонстрували перший газовий і перший неперерв. Л. на суміші гелію та неону, який застосовують донині. Відтоді до кін. 1960-х рр. створ. більшість типів Л.: 1961 І. Снітцером з Амер. оптич. корпорації — на основі неодимового скла; 1962 дослідником амер. корпорації «General Electric» Р.-Н. Геллом і вченими Фіз. інституту АН СРСР Ю. Поповим і Б. Вулом — напівпровідниковий; 1963 співроб. «Bell Labs» К. Пателом — молекулярний на CO₂, напівпровідник. на гетероструктурах (незалежно від ученого Ленінгр. фіз.-тех. інституту АН СРСР, нині С.-Петербург, Ж. Алфьорова і нім. та амер. дослідника Г. Крьомера); 1964 співроб. амер. компанії «Hughes Aircraft» В.-Б. Бріджесом — аргонний іонний; 1966 у корпорації «IBM» П. Сорокіним і Дж. Ланкардом — на орган. барвниках. 1986 дослідник Массачусет. технол. інституту (США) П. Моултон створив титан-сапфір. Л., який нині є джерелом випромінювання фемтосекунд. тривалості. 1964 М. Басов, О. Прохоров і Ч.-Г. Таунс отримали Нобелів. премію з фізики за фундам. дослідж. у галузі квант. електроніки, що призвели до винайдення випромінювачів і підсилювачів на лазерно-мазер. принципі; 1981 А.-Л. Шавлов і проф. Гарвард. університету (США) Н. Бломберг — за внесок у розвиток лазер. спектроскопії; 1997 проф. Стенфорд. університету (США) С. Чу, проф. Університету «Колеж де Франс» (Париж) К. Коен-Таннуджі та проф. Нац. інституту стандартів і технологій США (м. Гейтерсберг, шт. Меріленд) В.-Д. Філіпс — за створення методів охолодження та полонення лазер. світлом; 2000 Ж. Алфьоров і Г. Крьомер — за розроблення напівпровідник. гетероструктур для використання у швидкісній та оптоелектроніці; 2005 проф. Нац. інституту стандартів і технологій США Дж.-Л. Голл і дир. Інституту квант. оптики Товариства ім. М. Планка (м. Гаргінг поблизу Мюнхена, Німеччина) Т.-В. Генш — за внесок у розвиток прециз. спектроскопії, яка ґрунтується на Л., включно з технікою оптич. частот. гребеня. Від поч. 1960-х рр. роботи з дослідж. і розроблення Л. розвиваються в інститутах НАНУ, галуз. НДІ та ВНЗах Дніпропетровська, Донецька, Києва, Львова, Одеси, Ужгорода, Харкова та ін. укр. міст. В Інституті фізики НАНУ (Київ) з ініціативи А. Прихотько були створ. відділи оптич. квант. електроніки (В. Броуде, М. Соскін), неліній. оптики (М.

Бродин) та фотоактивності (М. Шпак), орієнтовані на напрями фізики, пов'язані з Л. та їх застосуваннями. Укр. фізики розробили та створили Л. із перебудовою довжини хвилі на основі орган. барвників та твердотіл. Л. (Державна премія УРСР у галузі н. і т., 1974; М. Дзюбенко, Інститут радіофізики і електроніки АН УРСР, Харків; М. Бродин, М. Соскін, М. Шпак, В. Кравченко, Є. Тихонов, В. Резниченко, Інститут фізики АН УРСР; М. Витриховський, Інститут напівпровідників АН УРСР, Київ), методи динаміч. голографії (Державна премія СРСР, 1982; М. Бродин, М. Соскін, С. Одулов, Інститут фізики АН УРСР), високостабіліз. за частотою Л. для метрології та аналіт. приладобудування (Державна премія України у галузі н. і т., 1998; О. Клейман, Ю. Мачехін, В. Соловйов, НВО «Метрологія», Харків; Є. Тихонов, Л. Яценко, А. Негрійко, М. Данилейко, Інститут фізики НАНУ; В. Козубовський, СКБ засобів аналіт. техніки, Ужгород; Д. Яцків, Гол. астрон. обсерваторія НАНУ, Київ; В. Прохоренко, Інститут фізики напівпровідників НАНУ). Один із засн. рад. і укр. наук. школи з лазерної технології — В. Коваленко (Нац. тех. університет України «Київ. політех. інститут»). Дослідж. у галузі **лазерних матеріалів** провадять у НТК «Інститут монокристалів» НАНУ (Харків). На ВО «Полярон» (Львів; від 2010 не працює) серійно випускали гелій-неонові та аргонні Л., у АТ «Газотрон» (Рівне) — гелій-неонові та на двоокису карбону Л. Див. також **Лазерна фізика** та **Лазерна хімія**.

Рекомендована література

1. Анохов С. П., Марусий Т. Я., Соскін М. С. Перестраиваемые лазеры. Москва, 1982;
2. P. W. Milonni, J. H. Eberly. Lasers. New York, 1988;
3. Карлов Н. В. Лекции по квантовой электронике. 2-е изд. Москва, 1988;
4. Handbook of Laser Wavelengths. 1998;
5. Григоруک В. І., Коротков П. А., Хижняк А. І. Лазерна фізика. 2-е вид. К., 1999;
6. Звелто О. Физика лазеров. 4-е изд. С.-Петербург, 2008.

А. М. Негрійко

Бібліографічний опис:

Лазер / А. М. Негрійко // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. — К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2016. — Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-53017>

2001-2025 © Ця енциклопедична стаття захищена авторським правом згідно з чинним законодавством України (докладніше).