



ЛАЗЕРНІ МАТЕРІАЛИ — речовини, які використовуються як активні середовища **лазерів**. Л. м. є актив. середовищем, ансамблем атомів, у якому можна створити інверсію заселеності. Атоми актив. середовища мають певний набір енергет. рівнів, але тільки деякі з них можуть взяти участь у лазер. генеруванні. У більшості випадків реалізуються т. зв. три- або чотирирівневі схеми генерування. Осн. Л. м.: діелектр. кристали та стекла, напівпровідник. кристали, гази, неорган. рідини, розчини фарбників і нанокерам. матеріали. Діелектр. кристали та стекла — активні середовища твердотіл. лазерів. 1964 вперше здійснено генерування на найрозповсюдженішому донині лазер. кристалі — ітрій-алюмінієвому гранаті $Y_3Al_5O_{12}$ з домішкою Nd^{3+} . Наприкінці 1960-х — на поч. 70-х рр. кількість Л. м. з актив. рідкісноземел. іонами перевищувала 150, а генерування здійснювалося на різних довж. хвиль діапазону 0,5–2,7 мкм. Станом на 1975 було вже відомо майже 200 діелектр. кристалів з домішкою іонів перехід. елементів, а 2007 налічувалося 345. Лазерне генерування виконано за допомогою багатьох сотень актив. Л. м., але на практиці застосовують лише такі, які забезпечують: коефіцієнт корис. дії при накачуванні газорозряд. лампами не менше ніж 1 % для режиму вільного генерування та 0,2 % для моноімпульс. режиму; незалежність енергет., кутових і спектрал. характеристик в інтервалі кількох десятків градусів; стабільність генерац. характеристик при тривалій експлуатації, зокрема при високих інтенсивностях випромінювання; довж. хвилі генерування, яка відповідає вікнам прозорості атмосфери, діапазонам роботи чутливих приймачів випромінювання та елементів керування лазер. променем (модулятори, перетворювачі частоти тощо). Л. м. повинні мати набір енергет. рівнів, що дозволяють ефективно сприймати енергію, що підводиться ззовні, та з можливо меншими втратами перетворювати її в електромагнітне випромінювання; високу оптичну однорідність для того, щоб запобігти втратам світла через розсіяння; високу теплопровідність і малий коефіцієнт терміч. розширення; стійкість до різних фіз.-хім. дій, перепадів температури, вологості тощо; зберігати склад і властивості в процесі роботи. Тверді Л. м. мають вирізнятися високою міцністю, щоб витримувати без руйнування мех. оброблення у процесі виготовлення з них актив. елементів. Знач. поширення набули такі лазерні матриці, як гадоліній-скандій-галієвий гранат $Gd_3Sc_2Al_3O_{12}$, гадоліній-скандій-галієвий гранат $Gd_3Sc_2Ga_3O_{12}$, калій-гадолінієвий вольфрамат $KGd(WO_4)_2 \cdot Nd^{3+}$. Випромінювання в них генерується в результаті переходів між енергет. рівнями. Серед найзастосовуваніших лазер. кристалів — $Y_3Al_5O_{12} : Nd^{3+}$,

$Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$, $YAlO_3 : Nd^{3+}$, $KGd(WO_4)_2 : Nd^{3+}$, $LiYF_4 : Nd^{3+}$, $BeAl_2O_4 : Cr^{3+}$, $Al_2O_3 : Cr^{3+}$, $Al_2O_3 : Ti^{3+}$, $Cd_3Se_2Ga_3O_{12} : Cr^{3+} : Nd^{3+}$. Кристали $Y_3Al_5O_{12} : Nd^{3+}$ за сукупністю експлуатац. властивостей перевершують ін. неодим. Л. м. Серед стекл широке практичне застосування отримали багатокомпонентні стекла на силікат. і фосфат. основі, що містять іони Nd^{3+} . Лазерні стекла мають внутр. не-впорядк. структуру. Разом із склотвір. компонентами SiO_2 , B_2O_3 , P_2O_5 , BeF і ін. в них містяться Na_2O , K_2O , Li_2O , MgO , CaO , BaO , Al_2O_3 , La_2O_3 , Sb_2O_3 і ін. сполуки. Актив. домішками найчастіше слугують іони Nd^{3+} , використовуються також Gd^{3+} , Er^{3+} , Ho^{3+} , Yb^{3+} . Концентрація Nd^{3+} у стеклах може досягати 6 %. 1996 у Лівермор. нац. лаб. (США) був відкритий новий клас лазер. середовищ для перенастроюваних твердотіл. лазерів діапазону 2–3 мкм — леговані перехід. металами напівпровідник. сполуки A^IVB^V . Нині відомі такі напівпровідник. Л. м., як кристали типу A^IVB^V (ZnS , $ZnSe$, CdS , $CdSe$, $CdTe$, PbS , $PbSe$, $PbTe$) і A^IIB^V (GaP , $GaAs$, $GaSb$, $InAs$, $InSb$). У напівпровідник. кристалах випромінювання генерується в результаті переходів між енергет. рівнями зони провідності і валент. зони. Найкращими енергет. параметрами володіють р-п переходи у кристалах $GaAs$. Переваги напівпровідник. Л. м. з р-п переходом: високий коефіцієнт корис. дії (до 50 %), малі розміри робочих елементів, велика потужність випромінювання (отримується з 1 cm^2 випромінюючої поверхні). У газорозряд. лазерах, де збудження здійснюється шляхом створення електр. розряду в газі, тиск коливається від сотих доль атмосфери до декількох атмосфер. Актив. частинками в них можуть бути нейтрал. атоми (He , Cu , I), стійкі молекули (CO_2 , CO , N_2 , HF), ексимерні молекули (Ar_2 , Kr_2 , ArF , KrF), іони інерт. газів (Ar^{2+} , Ar^{3+} , Kr^{2+} , Kr^{3+} , Ne^{2+} , Ne^{3+}), пари металів (Cu^+ , Cd^{2+}). Мала щільність газів обмежує щільність актив. частинок величиною 1015–1016 cm^{-3} , у зв'язку з чим енергознімання з одинич. об'єму газового актив. середовища невелике. Рідкі Л. м. за оптич. однорідністю порівняно з газовими мають високу щільність актив. частинок. Крім того, рідина може циркулювати в резонаторі лазера, що забезпечує ефективне відведення тепла, що виділяється. Їхній недолік — низька стійкість до дії потуж. випромінювання оптич. накачування та лазер. випромінювання. У лазерах на фарбниках застосовують ксантен., метин., оксазин. фарбники, похідні оксазолу та діазолу, кумарини та фталіміди. Розчинники: спирти, гліцерин, H_2SO_4 , вода тощо. У межах широких смуг випромінювання фарбників можлива плавна перебудова частоти генерування. Лазери на фарбниках випромінюють у діапазоні довжин хвиль 0,34–1,1 мкм. Потенційна перевага рідин перед ін. Л. м.

— поєднання високої щільності актив. частинок і високої оптич. однорідності у великих об'ємах. Від 1965 на пострад. просторі розробленням нових Л. м., вирощуванням лазер. монокристалів різними методами активно займаються у НТК «Інститут монокристалів» НАНУ (Харків), Інституті заг. фізики РАН, Інституті кристалографії РАН і НДІ «Полюс» (усі — Москва).

Рекомендована література

1. L. D. DeLoach, R. H. Page, G. D. Wilke, S. A. Payne, W. F. Krupke. Transition metal-doped zinc chalcogenides: spectroscopy and laser demonstration of a new class of gain media // IEEE J. Quantum Electronics. 1996. Vol. 32, № 6;
2. Матковський О. А. Матеріали квантової електроніки. Л., 2000;
3. Осико В. В. Лазерные материалы: Избр. тр. Москва, 2002;
4. Handbook of Lasers and Optics. Dordrecht; Heidelberg; London; New York, 2012;
5. НИИ «ПОЛЮС» имени М. Ф. Стельмаха – 50 лет. Москва, 2012;
6. М. В. Kosmyna, В. Р. Nazarenko, V. M. Puzikov, A. N. Shekhovtsov. Development of Growth Technologies for the Photonic Single Crystals by the Czochralski Method at Institute for Single Crystals, NAS of Ukraine // Acta Physica Polonica A. 2013. Vol. 123, № 2.

М. Б. Космина

Бібліографічний опис:

Лазерні матеріали / М. Б. Космина // 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-53025>

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