

Invenția se referă la optoelectronică, în special la microlasere aleatorii, care pot fi utilizate în spectroscopie, diagnostică medicală, producerea display-urilor etc.

Microlaserele aleatorii oferă o soluție ieftină de fabricare a microlaserelor în comparație cu alte microlasere, așa ca laserele pe semiconductori cu microdisc, lasere de emisie de suprafață cu cavități verticale și lasere pe cristale fotonice. Mecanismul fizic al acțiunii laser în laserele aleatorii constă în formarea microcavităților circulare la scară submicrometrică a mediului aleatoriu. Letokhov a demonstrat teoretic că combinarea împrăștierii multiple a luminii în medii aleatorii cu amplificarea luminii are ca rezultat o formă a acțiunii laser [1]. Ulterior acțiunea laser în medii aleatorii a fost demonstrată experimental. Majoritatea laserelor cu rezonatoare aleatorii propuse până în prezent au ca bază prafuri din cristale sau sticle [2]. Dezavantajul acestor lasere este dificultatea integrării lor în dispozitivele optoelectronice.

În calitate de cea mai apropiată soluție a invenției servește procedeul de obținere a laserului aleatoriu care include prepararea unui praf format din particule de oxid de metal, particulele de metal fiind dopate cu elemente de pământuri rare sau metale de tranziție [3]. Conform acestui procedeu, praful este obținut prin piroliza unui amestec din doi compuși: un compus al unui oxid de metal și un compus al unui metal de tranziție sau pământ rar la temperatura în diapazonul de 500...2500°C. Dezavantajul acestui procedeu este necesitatea tratamentului la temperaturi înalte, dificultatea dirijării morfologiei prafului și dificultatea folosirii lui în dispozitivele optoelectronice integrate.

Problema pe care o rezolvă invenția propusă constă în elaborarea unui procedeu de obținere a microlaserului aleatoriu la temperaturi joase, care să permită dirijarea cu morfologia lui și folosirea în dispozitivele optoelectronice integrate.

Procedeul de obținere a microlaserului aleatoriu conform invenției constă în doparea unui templat semiconductor poros prin piroliza compușilor precursori ai elementelor de pământuri rare sau metale de tranziție cu oxidarea simultană a lui. Pentru aceasta templatul se impregnează cu o soluție apoasă a precursorilor menționați, după care el este supus unui tratament termic timp de o oră la o temperatură de până la 1200°C, într-o atmosferă formată din gaz inert cu adaos de oxigen.

Rezultatul invenției constă în obținerea particulelor de oxid de metal la temperaturi joase, dirijarea cu proprietățile de împrăștiere a luminii prin dirijarea morfologiei templatului din compusul semiconductor poros și posibilitatea integrării în dispozitivele optoelectronice și fotonice, deoarece el este format pe un substrat semiconductor compatibil cu tehnologiile planare. Morfologia templatului poate fi dirijată prin schimbarea concentrației purtătorilor de sarcină în placheta semiconductoră, alegerea compoziției electrolitului și variația parametrilor electrice în procesul de tratament electrochimic aplicat la prepararea templatului poros. Pentru oxidarea templatului poros și activarea ionilor metalelor de tranziție sau pământ rar nu este nevoie de temperaturi ale tratamentului termic mai înalte de 1200°C. Efectul laser în material este obținut prin amplificarea luminii în interiorul particulelor din oxid de metal dopate cu elemente de pământuri rare sau metale de tranziție și împrăștierea luminii din cauza diferenței dintre indicele de refracție al particulelor de oxid de metal și al aerului înconjurător.

Invenția se explică prin fig. 1-5, care reprezintă:

- fig. 1, imaginea în secțiune a unui templat de GaAs luat la microscopul electronic de scanare VEGA TS 5130 MM;
- fig. 2, difractograma cu raze X (XRD) a templatului de GaAs;
- fig. 3, imaginea în secțiune a compozitului obținut în urma impregnării templatului din GaAs cu o soluție de $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} : \text{H}_2\text{O}$ și tratamentului termic într-o atmosferă de nitrogen cu 1% de oxigen;
- fig. 4, difractograma cu raze X (XRD) a particulelor de oxid de metal;
- fig. 5, spectrul de emisie al particulelor de oxid de metal la excitare cu impulsuri de 10 ns a armonicii secunde a laserului Nd:YAG (532 nm) cu densitatea de excitare mai mică decât pragul de generare (curba 1) și mai mare decât pragul de generare (curba 2).

Exemplu de realizare a invenției

O plachetă de semiconductor n-GaAs:S cu orientarea cristalografică (100) și suprafața 0,2 cm² tăiată dintr-un cristal crescut prin metoda Czochralsky cu concentrația electronilor $0,3 \times 10^{18}$ cm⁻³ la temperatura camerei este supusă tratamentului electrochimic într-o soluție apoasă de HCl cu concentrația 5% la densitatea curentului de 100 mA/cm² la temperatura camerei în decurs de 15 min. Ca rezultat se obține templatul poros de GaAs cu morfologia ilustrată în fig. 1. Difractograma cu raze X a templatului din fig. 2 demonstrează că compoziția și structura templatului poros coincide cu compoziția și structura plachetei inițiale de GaAs, deoarece reflexele din difractogramă corespund structurii arseniurii de galiu.

Templatul poros de GaAs este impregnat cu o soluție de $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} : \text{H}_2\text{O}$ cu concentrația de 0,2 g/ml timp de 2 ore și ulterior este supus tratamentului termic într-o atmosferă de azot cu 1% de oxigen în decurs de o oră. În urma acestui procedeu morfologia templatului nu se schimbă, după cum este ilustrat în fig. 3, totodată templatul este total oxidat, după cum dovedește difractograma din fig. 4. Toate reflexele din difractogramă corespund structurii $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$. Deci, în urma acestui procedeu se obțin particule de $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$.

Spectrul de emisie al particulelor obținute la excitarea cu armonica secundă a laserului Nd:YAG (532 nm) cu densitatea de excitare mai mică decât pragul de generare (curba 1 în fig. 5) coincide cu spectrul de emisie al ionilor de crom încorporați în matricea de β -Ga₂O₃, ceea ce demonstrează doparea efectivă a particulelor de β -Ga₂O₃ cu crom. La excitarea materialului cu densitatea de excitare mai mare decât pragul de generare are loc o transformare cardinală a spectrului de emisie spontană (curba 1) cu îngustarea bruscă a spectrului, intensificarea modei la 697 nm, care corespunde tranziției ${}^2E(2\bar{A}) \rightarrow {}^4A_2$ în ionii de Cr³⁺, și suprimarea emisieii la alte lungimi de undă (curba 2), ceea ce demonstrează efectul laser în material.

În calitate de templat semiconductor poros folosit pentru prepararea particulelor de oxid de metal pot servi template de InP, GaP, CdSe, ZnSe și alte materiale semiconductoare. În calitate de metal de tranziție, în afară de Cr, poate fi folosit Ti, Mn, Fe, Co, Ni, iar în calitate de pământuri rare pot servi Nd, Er, Yb, Eu, Tb, Tm, etc.