

DINAMICA NELINIARĂ A LASERELOR CU PUNCTE CUANTICE SUB INFLUENȚA FEEDBACK – ULUI MULTIPLU. APLICAȚII.

OLOINIC TATIANA

Universitatea Tehnică a Moldovei

Introducere

Laserul semiconductor este un dispozitiv care emite lumină, iar principiul de funcționare al sau este cercetat și îmbunătățit în permanență. O importanță deosebită au laserele semiconductoare datorită utilizării acestora în diferite domenii: de cercetare științifică, medicină și în special în comunicarea optică bazată pe haos. Haosul dinamic este un efect nelinier interesant care a fost studiat foarte mult pe parcursul anilor. El este util pentru comunicarea bazată pe haos și ținem să menționăm că a fost identificat într-un număr mare de sisteme dinamice [1]. În această lucrare sunt analizate condițiile optime pentru ca sistemul propus să funcționeze în regim haotic. Aceste condiții sunt redate prin analiza evoluției în timp a puterii emergente, a densității purtătorilor de sarcini. Deasemenea, sunt prezentate diagrame ale bifurcațiilor, timpul de autocorelare și de sincronizare. Fenomenul de sincronizare este amplu dezvoltat în știință, natură, inginerie și viața socială. Asemenea sisteme precum ceasul, ritmul cardiac au tendința de a funcționa în regim de sincronizare. Fenomenul dat este universal și poate fi înțeles într-un cadru comun bazat pe dinamica neliniară [1].

Sistemul propus în această lucrare este alcătuit din laserul semiconductor conectat la mai multe cavități exterioare (vezi Fig. 1). În total sunt cinci cavități exterioare: cele pasive cu lungimea l , cavitățile cu aer au lungimea l_0 și alte două ghiduri de undă cu lungimea L . Vom considera fazele θ , ψ , ζ , ξ , și ϕ .

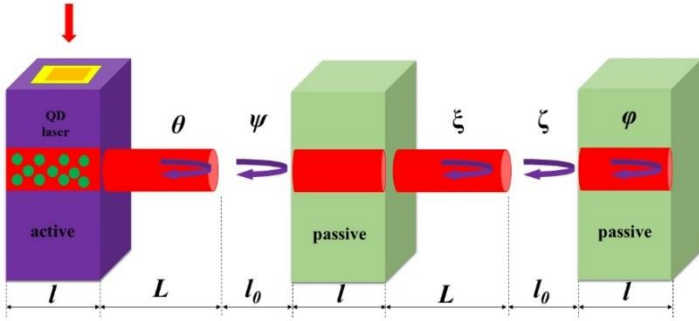


Figura1. Schema laserului semiconductor sub influența unui feedback optic provenit de la mai multe cavități exterioare.

Dinamica neliniară a sistemului este analizată cu ajutorul ecuațiilor de mai jos conform modelului Lang-Kobayashi [2].

$$\begin{aligned} \frac{dE}{d\tau} = & \frac{1}{2}(1+i\alpha)[- \gamma_{np} + g(2\rho-1)]E(\tau) + \Gamma_1 e^{-i\theta} E(\tau-\tau_1) + \\ & + \Gamma_2 e^{-i(\varphi+\psi)} E(\tau-\tau_2) + \Gamma_3 E(\tau-\tau_3) e^{-i(\varphi+\psi+\xi)} + \\ & + \Gamma_4 E(\tau-\tau_4) e^{-i(\varphi+\psi+\xi+\zeta)} + \Gamma_5 E(\tau-\tau_5) e^{-i(\varphi+\psi+\xi+\zeta+\theta)} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\frac{d\rho}{d\tau} = -\gamma_{ns}\rho - (2\rho-1)|E^2| + (CN^2 + BN)(1-\rho) \quad (2)$$

$$\frac{dN}{d\tau} = J - N - (2[CN^2 + BN](1-\rho)) \quad (3)$$

unde E este amplitudinea complexă a câmpului electric, N – probabilitatea de ocupare în punctul cuantic, iar ρ este densitatea purtătorilor de sarcină. Alți parametri: $\alpha = 5$ este factorul Henry, $g = 1,5 \cdot 10^{-8} \text{ ps}^{-1}$ este câștigul diferențial. Timpul de viață a fotonilor și a sarcinilor electrice sunt $\tau_{ph} = 3 \text{ ps}$ și $\tau_e = 2 \text{ ns}$. Toți acești parametri se utilizează pentru a obține diagramele și rezultatele ce caracterizează comportamentul dinamic al sistemului și sunt prezentate în figurile ulterioare.

Figura 2 reprezintă rezultatele evoluției în timp a puterii emergente P (stînga) și a densității purtătorilor de sarcini N (centru). Deasemenea, este prezentat și spectrul de putere (dreapta).

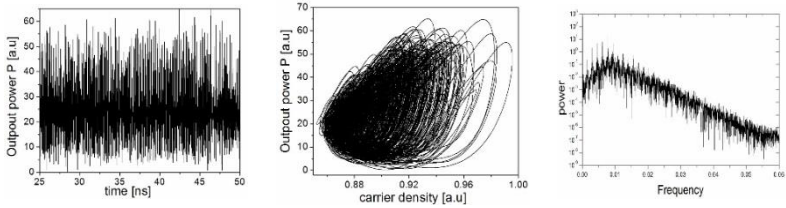


Figura 2 Timpul de evoluție a puterii de emergente P (stânga), portretul de fază în planul a doi parametri (centru) și spectrul de putere (dreapta).

Conform diagramei puterii emergente de timp pentru intensitatea feedback-ului optic $\Gamma_1=\Gamma_2=\Gamma_3=\Gamma_4=\Gamma_5=15$ și faza $\varphi=\pi/2$ oscilațiile sunt haotice, iar în planul $P-N$ apare un atractor straniu cauzat de influența feedback-ului optic de la cavitățile exterioare.

Parametrii care vor fi considerați în continuare de bază sunt intensitatea feedback-ului optic și fazele.

Figura 3 reprezintă diagrama bifurcațiilor laserului semiconductor sub influența feedback-ului optic provenit de la mai multe cavități exterioare. Intensitatea feedback-ului optic Γ_5 este parametru de bifurcație în ambele cazuri și este variabilă, iar fazele sunt constante. În Fig. 3(a) se observă că pentru valori mici ale intensității feedback-ului Γ_5 s-au obținut unde continue. Acestea sunt întrerupte de bifurcația Hopf H . În continuare apare o regiune haotică, care caracterizează dependența de maxim și minim a puterii emergente.

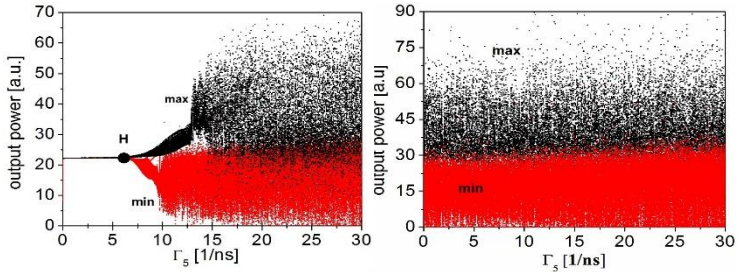


Figura 3. Diagrama bifurcațiilor: a) $\Gamma_1=\Gamma_2=\Gamma_3=\Gamma_4=10$, $\varphi=\pi/2$; b) $\Gamma_1=\Gamma_2=\Gamma_3=\Gamma_4=20$, $\varphi=\pi/2$

În Fig. 3(b), valoarea feedback-ului optic este mărită, iar faza φ este fixă. Se observă comportament haotic pentru toate valorile intensității

feedback-ului optic. Astfel, acest comportament dinamic haotic al laserului semiconductor devine apropiat pentru comunicarea optică bazată pe haos.

Figura 4 reprezintă diagrama timpului de autocorelare a laserului semiconductor sub influența feedback-ului optic provenit de la mai multe cavități exterioare în planul φ - Γ_5 . Faza φ și intensitatea feedback-ului optic Γ_5 sunt variabile.

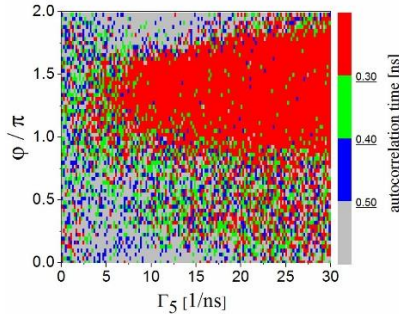


Figura 4. Timpul de autocorelare în planul φ - Γ_5 pentru $\Gamma_1=\Gamma_2=\Gamma_3=\Gamma_4=10$.

Regimul haotic al laserului semiconductor este descris de regiunea roșie. Celelalte regiuni sunt regimuri de unde continue sau pulsații. Timpul de autocorelare, în regiunea haotică, este mai mic de 0.30 ns. Astfel, acest comportament haotic al laserului poate fi utilizat în comunicarea optică bazată pe haos, iar utilizând rezultatele diagramei din Fig. 4 putem găsi condițiile optime pentru funcționare în regim haotic al laserului.

Concluzii

A fost analizată dinamica neliniară a laserului semiconductor cu puncte cuantice sub influența unui feedback optic provenit de la mai multe cavități. Structura dispozitivului permite obținerea parametrilor necesari pentru ca laserul cu puncte cuantice să opereze în regim haotic. Prezența celor cinci cavități externe determină apariția oscilațiilor complexe neliniare în evoluția în timp a puterii emergente. Ținem să menționăm, că dimensiunile dispozitivului propus sunt mai mici în comparație cu cele raportate în literatură.

Mulțumiri. Autorul mulțumește suportului acordat în cadrul proiectului 16.80012.02.27F. Mulțumiri pentru îndrumare și suport dlui dr.hab., prof. univ. V. Z. Tronciu

Bibliografie:

1. K. Pyragas, Continuous control of chaos by self-controlling feedback, Physics letters A 170, p. 421-428, 1992.
2. R. Lang, K Kobayashi, IEEE J. Quantum Electronics 16, 347, 1980.