

Fotorefraktivno “cat” ogledalo

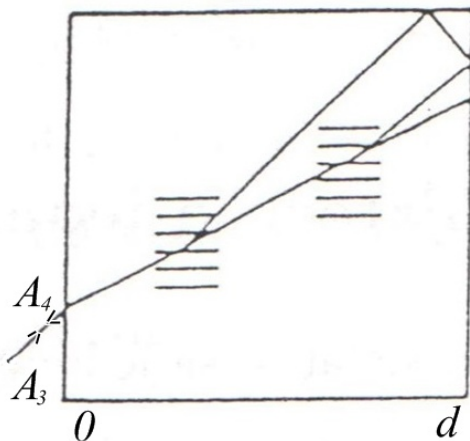
Zoran Ljuboje,
Univerzitet u Istočnom Sarajevu
Elektrotehnički fakultet
Istočno Sarajevo, Republika Srpska
zoran.ljuboje@etf.unssa.rs.ba

Sadržaj — Rad “cat” fotorefraktivnog oscilatora, tj. „cat“ ogledala se zasniva na fotorefraktivnom efektu. Ovaj oscilator spada u grupu oscilatora sa jednim upadnim svjetlosnim zrakom i kod njega se ne koriste vanjska obična ogledala. Rad ovog ogledala analiziran je metodom difrakcionog dejstva. Analizirane su situacije sa gubicima i bez gubitaka pri unutrašnjoj refleksiji svjetlosnih zraka.

Ključne riječi- fotorefraktivni oscilatori, cat oscilator, metoda difrakcionog dejstva, oscilator sa i bez gubitaka pri refleksiji.

I UVOD

Rad ovog konjugatora zasniva se na fotorefraktivnom efektu koji predstavlja četvorotalasno miješanje laserskih zraka svjetlosti (4TM) u kristalu. Kod ovog efekta neki od zraka formiraju difrakcionu rešetku, a neki se rasijavaju na rešetci. U ovom radu analiziraćemo “cat” ogledalo koje spada u oscilatore sa jednim upadnim zrakom, a to su još: linearni, semilinearni i prstenasti oscilator. Cat oscilator ima dva unutrašnja interferencionna regiona, a ostali po jedan. Kod ovog oscilatora ne koriste se vanjska ogledala, nego se unutrašnji zraci reflektuju totalnom refleksijom (slika 1). Naziv mu je dao pronalazač J. Feinberg [1] jer je koristio sliku svog kućnog ljubimca. Reflektivnost ovog ogledala je oko 30% .



Slika 1. Cat konjugator

Pri analizi koristimo metodu difrakcionog dejstva [2], gdje se amplitude zraka na ulazu kristala (0) i izlazu (d) opisuju jednačinama:

$$\begin{bmatrix} A_{1d} \\ A_{4d} \end{bmatrix} = \tau(u) \begin{bmatrix} A_{10} \\ A_{40} \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} A_{30} \\ A_{20} \end{bmatrix} = \tau(u) \begin{bmatrix} A_{3d} \\ A_{2d} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

gdje je matrica $\tau(u)$:

$$\tau(u) = \begin{bmatrix} \cos u & -\sin u \\ \sin u & \cos u \end{bmatrix}. \quad (2)$$

U prethodnim izrazima sa A su označene amplitude zraka dok je u difrakciona akcija koja se računa iz izraza:

$$\tan u = \frac{A_{10}A_{40}^* + A_{2d}^*A_{3d}}{aI \coth(\gamma d / 2) + I_{40} - I_{3d} + I_{2d} - I_{10}}, \quad (3)$$

gdje je a konstanta koja se računa iz graničnih uslova, γ je jačina spreznjanja u kristalu, d je debljina, a sa I su označeni intenziteti zraka svjetlosti.

II OSCILATOR ZA SLUČAJ SA GUBICIMA PRI REFLEKSIJI ZRAKA

Na početku analizirajmo slučaj sa gubicima pri refleksiji unutrašnjih zraka u kristalu [3]. U ovoj situaciji granični uslovi su: $A_{10} = A'_{10} = A'_{3d} = 0$, $A_{2d} = tA'_{1d}$ i $A'_{2d} = tA_{1d}$, gdje je t transmitivnost optičkog zraka na putu.

Polazeći od (1), (2) i (3) za jedan region (označen sa “prim”) slijedi:

$$\gamma' = \frac{1}{a'} \ln \frac{1-a'}{1+a'} \quad (4)$$

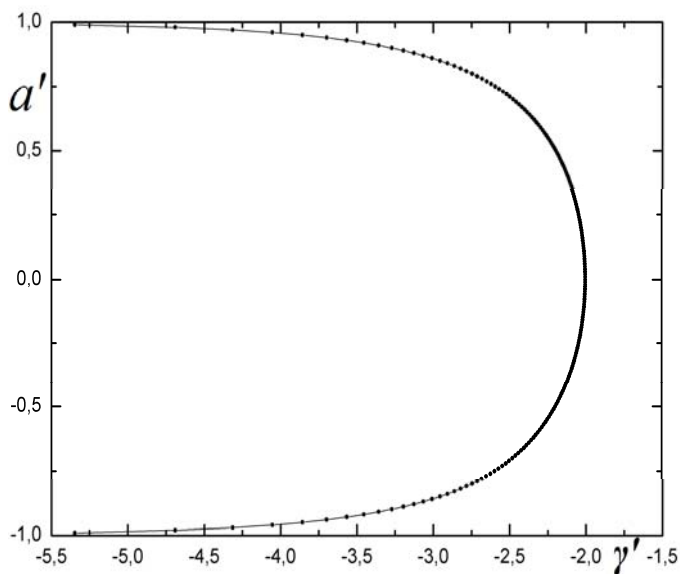
$$\cos(u') = -\frac{1+t^2+(1-t^2)\cos 2u}{2t \sin 2u} \sqrt{1-a'^2} \quad (5)$$

Za drugi region slijedi:

$$1 + a \coth(\gamma/2) = t \sin u' \sqrt{1-a'^2} \quad (6)$$

$$\cos(2u) = -\frac{1+t^2 \sin^2 u'}{2t \sin u'} \sqrt{1-a'^2} \quad (7)$$

Iz prethodnih jednačina mogu se računati zavisnosti veličina a , γ , a' , γ' itd. Na slici 2 data je zavisnost parametra a' od γ' , a istovremeno i zavisnost a od γ za vrijednost transmittivnosti $t = 0$.

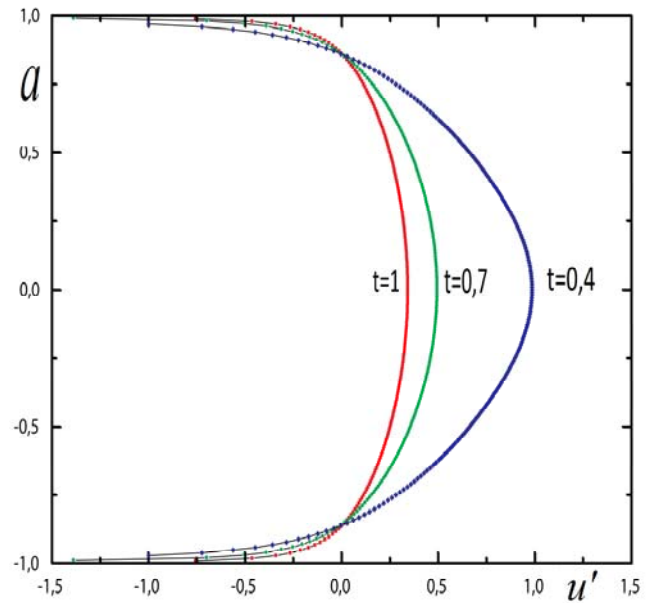


Slika 2. Zavisnost parametra a' od γ' . Za $t = 0$ grafik predstavlja zavisnost a od γ .

Takođe, na slici 3 predstavljena je zavisnost parametra a od u' za $\gamma = -3$ i za različite vrijednosti transmittivnosti t . Pokazuje se da oscilator funkcioniše u zavisnosti od vrijednosti konstanti sprezanja γ i γ' , a i od toga koliko se razlikuju. Uslov za oscilovanje je $\gamma \leq -1$ i $\gamma' \leq -2$.

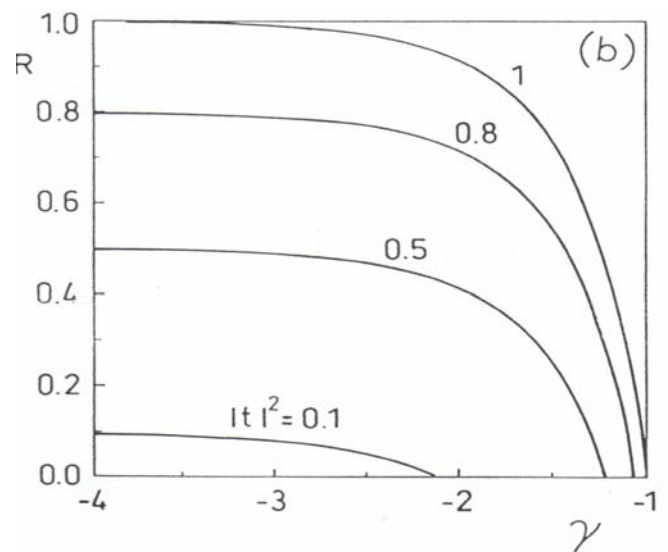
Može se izračunati i reflektivnost oscilatora $R = I_{30} / I_{40}$ i iznosi:

$$R = t^2 \sin^2 2u \sin^2 u'. \quad (8)$$



Slika 3. Zavisnost parametra a od u' za $\gamma = -3$ i za različite vrijednosti transmittivnosti t .

Na slici 4 je predstavljena zavisnost reflektivnosti od konstante sprezanja. Vidi se kako reflektivnost raste pri porastu faktora sprezanja po apsolutnoj vrijednosti, a i sa porastom vrijednosti transmittivnosti.

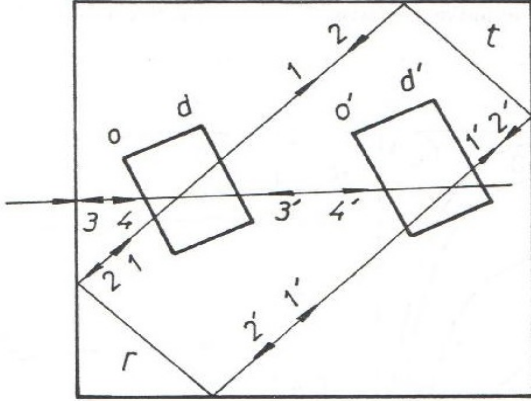


Slika 4 Reflektivnost u funkciji od γ za $\gamma' = -8$, za različite vrijednosti transmittivnosti.

III OSCILATOR ZA SLUČAJ BEZ GUBITAKA PRI REFLEKSIJI ZRAKA

Analizirajmo slučaj gdje se zraci A_{20} i A'_{20} ne gube, nego se vraćaju u proces refleksijom od bočnih strana kristala [4]

[5] (slika 5). Ovdje važe i sljedeći uslovi: $A_{10} = rA'_{20}$ i $A'_{10} = rA_{20}$, gdje je r transmitivnost puta.



Slika 5. Cat konjugator bez gubitaka pri refleksiji

Analizirajući kao prethodni slučaj, iz (1), (2) i (3) slijedi:

$$a' \coth(a' \gamma' / 2) - 1 = \frac{-1}{W} (2rtE (ZF \cos u' + tE \sin^2 u')) \quad (9)$$

$$a \coth(a \gamma / 2) - 1 = \frac{Z}{Y} (2t \cos u (Ht \sin^2 u' - Z^2 r \cos u') - Z \sin^2 u (1 + Zr^2 t^2 \cos^2 u' + 2t^2 \sin^2 u' + Z(Z^2 - F^2))). \quad (10)$$

Oznakama E, F, H, Z i Y označeni izrazi koji slijede iz proračuna.

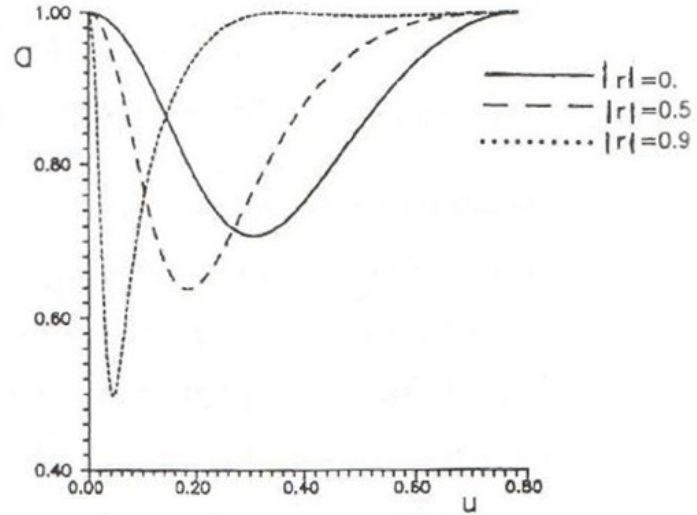
Za reflektivnost se dobija:

$$R = \frac{t^2 (\sin u' \sin 2u - rt \sin u \sin 2u')^2}{(rt \cos u' \cos u - 1)^4} \quad (11)$$

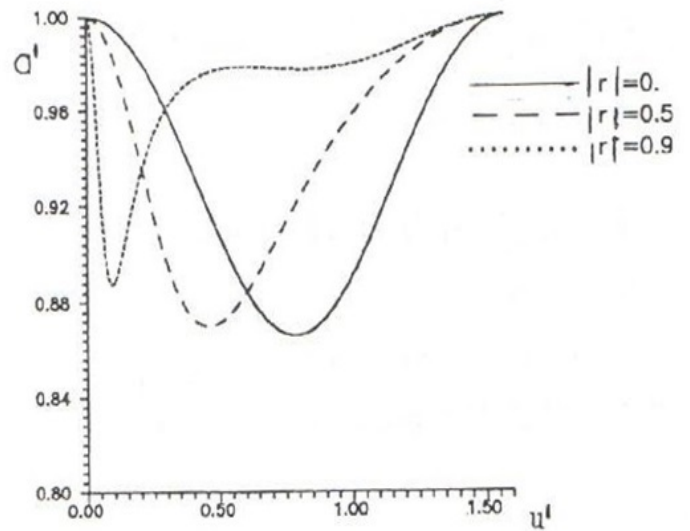
Ovaj slučaj je očigledno mnogo komplikovaniji za analizu. Ako se u prethodne izraze uvrsti $r = 0$ oni se svode na slučaj iz prethodnog poglavlja.

Analiza je vršena za specijalni slučaj $u' = 2u$. U analizi su tražene veze pojedinih parametara. Kada je $r > 0$ analiza se teško provodi analitički pa se rješava numerički. Tako npr. na

slikama 6 i 7 je data zavisnost $a(u)$ i $a'(u')$. Iz minimuma vrijednosti funkcija a i a' sa grafika se za određene vrijednosti u i u' računaju vrijednosti praga oscilovanja γ_{th} i γ'_{th} .



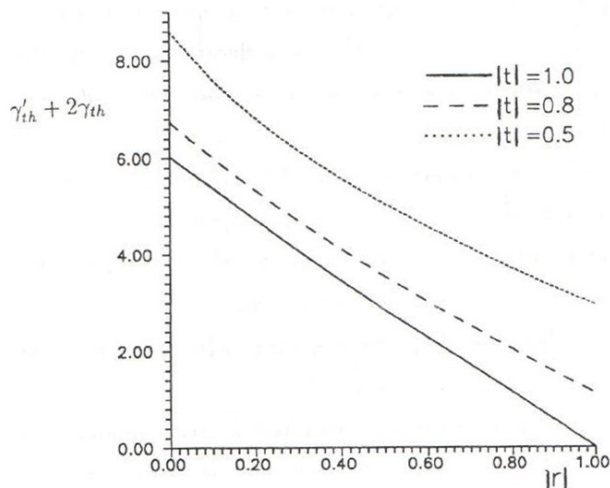
Slika 6. Zavisnost $a(u)$ za različito r dok je $t = 1$.



Slika 7. Zavisnost $a'(u')$ za različito r dok je $t = 1$.

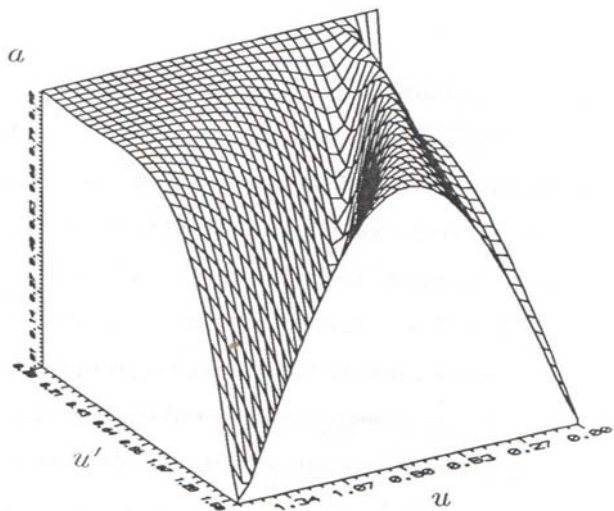
Na slici 8 data je vrijednost sume praga $\gamma'_{th} + 2\gamma_{th}$ u funkciji od r za različite vrijednosti t . Sa slike 8 se zaključuje da za idealni slučaj kada su $r = t = 1$, sprezanje oscilovanja na

pragu je jednako nuli, tj. $\gamma'_{th} + 2\gamma_{th} \rightarrow 0$. Za $r = 1$ i smanjenjem vrijednosti t , suma praga sprezanja raste.

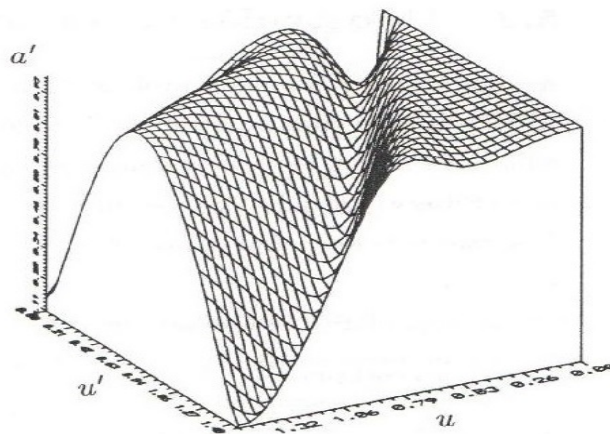


Slika 8. Zavisnost ukupne jačine sprezanja od r za različito t .

U opštem slučaju veličine a i a' su složene funkcije, tj. $a = f(u, u')$ i $a' = f(u, u')$. Analiza ove situacije je komplikovanija ali može voditi tačnijem opisu ovog procesa. Na slikama 9 i 10 predstavljene su ove zavisnosti za određene vrijednosti parametara r i t . Numeričkim proračunima i za ovaj slučaj mogu se odrediti γ'_{th} i γ_{th} .



Slika 9. Zavisnost $a = f(u, u')$ pri vrijednostima $t = 1$ i $r = 0,9$.



Slika 10. Zavisnost $a' = f(u, u')$ pri vrijednostima $t = 1$ i $r = 0,9$.

IV ZAKLJUČAK

U radu je analiziran “cat” fotorefraktivni oscilator, tj. „cat“ ogledalo čiji se rad zasniva na fotorefraktivnom efektu. Ovaj oscilator spada u grupu oscilatora sa jednim upadnim svjetlosnim zrakom i kod njega se ne koriste vanjska obična ogledala. Rad ovog ogledala analiziran je metodom difrakcionog dejstva. Analizirane su situacije sa gubicima i bez gubitaka pri unutrašnjoj refleksiji svjetlosnih zraka. Vršeni su analitički i numerički proračuni karakterističnih veličina kao što su prag oscilovanja i reflektivnost.

LITERATURA

- [1] J. Feinberg, “ Self-pumped continuous wave phase conjugator using total internal reflection” Opt Lett. 7. 486 (1982).
- [2] M. S. Petrović, M. R. Belić, and F. Kaiser, “Photorefractive circuitry and optical transistors”, Opt. Commun. 121 (1995).
- [3] M. Belić, S. Petrović, Z. Ljuboje, F. Kaiser, “ Threshold analysis of cat conjugator”, Opt. Commun. 143, 67 (1997).
- [4] Z. Ljuboje, M. Belić, D. Vujić, F. Kaiser, “Photorefractive oscillators that use internal-reflection modes”, J. Opt. Soc. Am. B 17, 11 (2000).
- [5] Z. Ljuboje, “ Numerički kaos u fotorefraktivnoj optici”. neobjavljeno.

ABSTRACT

The operation of a “cat” photorefractive oscillator, i.e. the “cat” mirror is based on photorefractive effect. The oscillator belongs to the group of oscillators with one incident light beam and regular external mirrors are not used in it. The operation of this mirror is analysed by the diffraction effect method. These situations with losses and without losses at internal reflection of light beams are analysed.

Photorefractive “cat” Mirror

Zoran Ljuboje,
University of East Sarajevo
Faculty of Electrical Engineering
East Sarajevo, Republika Srpska
zoran.ljuboje@etf.unssa.rs.ba