



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2010 01200**

(22) Data de depozit: **26.11.2010**

(41) Data publicării cererii:
29.06.2012 BOPI nr. **6/2012**

(71) Solicitant:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
OPTOELECTRONICĂ - INOE 2000,
STR.ATOMIȘTILOR NR.409, MĂGURELE,
IF, RO**

(72) Inventatori:
• **SAVASTRU DAN, STR. IANI BUZOIANI
NR.3, BL.16, SC.A, AP.2, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **MICLOȘ SORIN, CALEA GRIVIȚEI
NR. 160, BL.B, SC. A, AP. 42, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;**

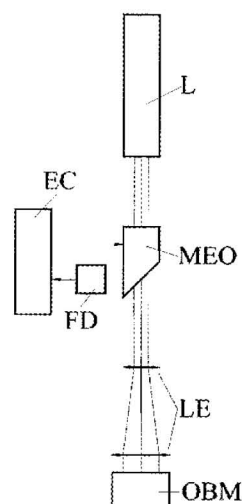
• **POPESCU AURELIAN, STR. ȘELIMBĂR
NR.27, MĂGURELE, IF, RO;**
• **TĂUTAN MARINA, STR.EMIL RACOVIȚĂ
NR.6, BL.R1, SC.2, AP.45, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **RUSU MĂDĂLIN ION, STR. BUȘAGA
NR.1, CURTEA DE ARGHEȘ, AG, RO;**
• **SAVU VALERIU, STR.CĂȚINEI NR.13,
BL.37C, SC.C, AP.51, PLOIEȘTI, PH, RO;**
• **BAȘCHIR LAURENȚIU AURELIAN,
STR. NICOPOL NR.60, TULCEA, TL, RO**

(54) **DISPOZITIV DE ATENUARE ELECTRO-OPTICĂ A RADIAȚIEI
LASER PENTRU MICROSCOP CHIRURGICAL OFTALMIC**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv optoelectronic pentru atenuarea electrooptică a energiei laser în cadrul unui microscop chirurgical oftalmic cu laser, în mod continuu și fără a folosi piese în mișcare. Dispozitivul conform invenției este alcătuit dintr-un modulator electrooptic (MEO), un fotodetector (FD) și un sistem (EC) electronic de comandă, și este destinat a fi montat în interiorul unui biomicroscop oftalmic cu laser, între laser (L) și luneta de expandare (LE), astfel încât un fascicul laser polarizat emis de laser (L) trece prin modulatorul electrooptic (MEO), unde este atenuat la o valoare reglată de un operator, cu ajutorul sistemului (EC) electronic de comandă, iar fotodetectorul (FD) va măsura nivelul energiei fasciculului atenuat, transmitând sistemului (EC) electronic de comandă valoarea măsurată, după care fasciculul atenuat își continuă parcursul prin microscopul chirurgical oftalmic, trecând prin luneta de expandare (LE), fiind apoi focalizat la locul operației, cu ajutorul unui obiectiv (OBM).

Revendicări: 1
Figuri: 1



Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



DISPOZITIV DE ATENUARE ELECTRO-OPTICĂ A RADIAȚIEI LASER PENTRU MICROSCOP CHIRURGICAL OFTALMIC

Invenția se referă la un dispozitiv opto-electronic pentru atenuarea electro-optică a energiei laser în cadrul unui microscop chirurgical oftalmic cu laser, în mod continuu și fără a folosi piese în mișcare. Atenuarea fasciculului produs de sursa laser are ca scop obținerea unei anumite energii necesare procedurii microchirurgicale dorite de medic.

Se cunosc dispozitive de atenuare folosind un set de filtre dispuse circular pe o placă revolver. Un microscop chirurgical oftalmic ce folosește un astfel de dispozitiv de atenuare este compus în principal dintr-un laser care generează fasciculul laser, un expandor al fasciculului laser care colimează fasciculul laser și un obiectiv care focalizează fasciculul laser în punctul dorit pentru operație. Dispozitivul de atenuare ce folosește un set de filtre dispuse circular pe o placă revolver este alcătuit dintr-un număr de filtre neutre dispuse circular pe o placă revolver. Atenuarea fasciculului se obține aducând, prin rotirea plăcii revolver, a filtrului dorit în dreptul fasciculului laser. Dezavantajul principal al acestei soluții este faptul că atenuarea dorită se face într-un număr definit de trepte. Treptele de atenuare astfel obținute prezintă o mare dispersie a atenuării de la un exemplar la altul, fiind imposibil de reglat pe o anumită valoare dorită.

Un alt dispozitiv, care rezolvă problema atenuării în mod continuu a radiației laser, cu posibilitatea de recalibrare ori de câte ori este necesar este alcătuit dintr-un filtru neutru circular cu atenuare continuu variabilă (linear), acționat de un motor pas cu pas, controlat de un modul de comandă și folosind un circuit de recunoaștere a poziției filtrului. Ca și în cazul soluției ce folosește setul de filtre, microscopul chirurgical este alcătuit din laser, expandor și obiectiv. Dispozitivul este compus dintr-un filtru neutru circular cu atenuare liniară variabilă, acționat de un motor pas cu pas și controlat ca rotație de două perechi LED-fotodetector. Atenuarea în mod continuu a radiației laser se obține rotind filtrul neutru circular cu atenuare liniară variabilă cu ajutorul motorului pas cu pas astfel încât fasciculul laser să treacă prin acea zonă a filtrului care are atenuarea dorită. Dezavantajul acestei soluții este faptul că atenuarea continuă a fasciculului laser Nd:YAG se face folosind componente în mișcare. Utilizarea unor componente în mișcare, pe lângă micșorarea fiabilității aparatului, împiedică un control mai bun al parametrilor care intervin în procedura chirurgicală cu laser (expunerea radiantă, diametrul fasciculului, timpul de iradiere într-un punct) ceea ce împiedică minimizarea distrugerilor termice reziduale la ablația laser a țesuturilor, afectează negativ

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2010 01200
Data depozit 2010-01-20

reproductibilitatea rezultatelor și necesită un timp de fixare a nivelului de energie dorit mai mare decât în cazul unei soluții fără componente în mișcare.

Problema tehnică pe care prezenta invenție își propune să o rezolve constă în atenuarea în mod continuu a radiației laser comandat prin tensiune, fără a folosi elemente în mișcare.

Dispozitivele existente, ce folosesc fie un set de filtre montate pe un cap revolver fie un filtru de atenuare cu densitate variabilă circular prezintă următoarele dezavantaje: cele din prima categorie nu permit obținerea unei atenuări continue ci doar într-un număr mic de trepte și toate folosesc elemente în mișcare pentru a modifica atenuarea, micșorând fiabilitatea aparatului și împiedicând un control mai bun al parametrilor care intervin în procedura chirurgicală cu laser.

Scopul invenției este atenuarea radiației laser în mod continuu și fără a utiliza elemente în mișcare.

Dispozitivul conform invenției înlătură dezavantajele arătate mai înainte prin aceea că realizează atenuarea continuă a energiei fasciculului laser folosind un atenuator electro-optic comandat în tensiune, excluzând astfel utilizarea oricărui element în mișcare.

Invenția constă în utilizarea unui dispozitiv alcătuit dintr-un modulator electro-optic (celulă Pockels), un fotodetector și un sistem electronic de comandă. Dispozitivul se amplasează în schema microscopului chirurgical cu laser între laser și luneta de expandare. Principiul folosit este efectul electrooptic Pockels, care produce birefrință într-un mediu optic, indusă de un câmp electric constant sau variabil. În cazul efectului Pockels birefrința este proporțională cu câmpul electric aplicat.

Indicele de refracție al unui mediu electro-optic este o funcție $n(E)$ a unui câmp electric E aplicat staționar (sau lent variabil). Notând cu r coeficientul electro-optic și $n = n(0)$, se obține:

$$n(E) \approx n - \frac{1}{2} r n^3 E \quad \text{Efectul Pockels}$$

Un fascicul de lumină ce traversează o celulă Pockels de lungime L asupra căreia se aplică un câmp electric E suferă o deplasare de fază $\varphi = n(E) k_0 L = 2\pi n(E)L/\lambda_0$, unde λ_0 este lungimea de undă în vid. Obținem:

$$\varphi \approx \varphi_0 - \pi \frac{r n^3 E L}{\lambda_0}$$

unde $\varphi_0 = 2\pi n L/\lambda_0$. Dacă câmpul electric este obținut prin aplicarea unei tensiuni V de-a lungul a două fețe ale celulei separate de distanța d , atunci $E = V/d$, și se obține:

$$\varphi = \varphi_0 - \pi \frac{V}{V_\pi} \quad \text{Modulația de fază}$$

unde

$$\varphi_\pi = \frac{d}{L} \frac{\lambda_0}{r n^3} \quad \text{Tensiunea de semiundă}$$

Parametrul V_π , cunoscut drept tensiunea de semiundă, reprezintă tensiunea aplicată la care deplasarea de fază se modifică cu π . Ecuația modulației de fază exprimă o relație lineară între deplasarea de fază optică și tensiune. Se poate astfel modula faza unei unde optice variind tensiunea V ce se aplică de-alungul unui material prin care trece lumina.

Dacă E este obținut prin aplicarea unei tensiuni V între două suprafețe ale mediului ce sunt separate de o distanță d , întârzierea de fază poate fi scrisă ca:

$$\Gamma = \Gamma_0 - \pi \frac{V}{V_\pi}$$

unde $\Gamma_0 = k_0(n_1 - n_2)L$ este întârzierea de fază în absența câmpului electric iar

$V_\pi = \frac{d}{L} \frac{\lambda_0}{r_1 n_1^3 - r_2 n_2^3}$ (tensiunea de întârziere de semiundă) este tensiunea aplicată necesară

obținerii unei întârzieri de fază π . Un retardor de undă (de întârziere Γ) plasat sandwich între doi polarizori încrucișați, plasați la 45° față de axele retardorului, are o transmitanță de intensitate $T = \sin^2(\Gamma / 2)$. Dacă retardorul este o celulă Pockels, atunci Γ este linear dependent de tensiunea aplicată V . Transmitanța dispozitivului este în acest caz o funcție periodică de V :

$$T(V) = \sin^2\left(\frac{\Gamma_0}{2} - \frac{\pi V}{2 V_\pi}\right) \quad \text{Transmitanța}$$

Modificând V , transmitanța poate fi variată între 0 (obturator închis) și 1 (obturator deschis). Dispozitivul poate fi utilizat ca modulator linear dacă sistemul este făcut să lucreze în regiunea din apropierea $T(V) = 0.5$. Alegând $\Gamma_0 = \pi/2$ și $V \ll V_\pi$,

$$T(V) = \sin^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\pi V}{2 V_\pi}\right) \approx T(0) + \frac{dT}{dV}\Big|_{V=0} V = \frac{1}{2} - \frac{\pi V}{2 V_\pi}$$

Astfel încât $T(V)$ este o funcție lineară cu panta $\pi / 2V_\pi$ ce reprezintă sensibilitatea modulatorului. Deci atenuarea variabilă se obține rotind planul de polarizare aplicând o tensiune V celulei Pockels. Din cele de mai sus rezultă o cerință: fasciculul laser aplicat la intrarea în atenuator trebuie să fie polarizat. Celălalt polarizor se găsește înglobat în celula Pockels.

Sistemul electronic de comandă generează la comanda utilizatorului (care furnizează sistemului valoarea energiei dorite, deci, implicit, a atenuării dorite) tensiunea necesară.

Un fotodetector amplasat în imediata vecinătate a feței rugoase a prisme de polarizare a celulei Pockels preia o mică parte din radiația laser și permite sistemului electronic de comandă monitorizarea nivelului de atenuare. Periodic se pot face reglaje de calibrare folosind aceste măsurări.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- atenuarea continuă a radiației laser utilizată în cadrul unui microscop chirurgical oftalmic cu laser
- comanda prin tensiune a atenuării, fără elemente în mișcare
- recalibrarea facilă a sistemului ori de câte ori este necesar.

Figura 1 prezintă schema optică a dispozitivului cuplat cu microscopul chirurgical cu laser.

În fig. 1 este prezentat un mod de realizare a invenției. Dispozitivul de atenuare electro-optică a radiației laser pentru microscopul chirurgical oftalmic, alcătuit din modulatorul electro-optic (celula Pockels) **MEO**, fotodetectorul **FD** și sistemul electronic de comandă **EC**, este inserat în biomicroscopul oftalmic cu laser între laserul **L** și luneta de expandare **LE**. Fasciculul laser polarizat emis de laserul **L** trece prin modulatorul electro-optic **MEO**. Operatorul setează atenuarea dorită cu ajutorul sistemului electronic de comandă **EC**, care aplică tensiunea corespunzătoare atenuării dorite modulatorului electro-optic **MEO**, ceea ce va produce rotirea planului de polarizare a fasciculului laser și atenuarea acestuia la ieșirea din modulator. Fotodetectorul **FD** va măsura nivelul energiei fasciculului atenuat, transmițând sistemului electronic de comandă **EC** informația. În continuare, fasciculul atenuat își continuă parcursul prin microscopul chirurgical oftalmic cu laser, trecând prin luneta expandoare **LE** și este apoi focalizat în locul operației cu ajutorul obiectivului **OBM**.

REVEDICĂRI

1. Dispozitiv de atenuare electro-optică a radiației laser pentru microscopul chirurgical oftalmic cu laser caracterizat prin aceea că se compune dintr-o celulă Pockels, un fotodetector amplasat în vecinătatea feței rugoase a prisme de polarizare a celulei Pockels, care măsoară energia fasciculului laser și un sistem electronic de comandă care permite stabilirea atenuării de către operator, generează tensiunea necesară celulei Pockels și monitorizează energia fasciculului cu ajutorul fotodetectorului, dispozitiv amplasat în microscopul chirurgical cu laser între laser și luneta de expandare și prin aceea că realizează atenuarea fasciculului laser polarizat furnizat de laser în mod continuu, folosind doar comanda prin tensiune, fără a avea elemente în mișcare.

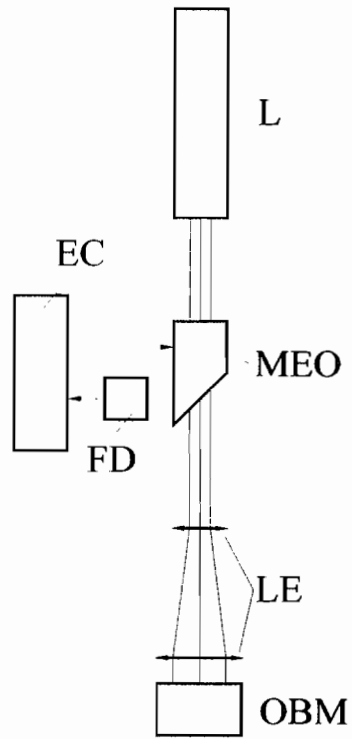


Fig.1