

(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2016 00972**

(22) Data de depozit: **07/12/2016**

(41) Data publicării cererii:
29/06/2018 BOPI nr. **6/2018**

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

(72) Inventatori:
• **MICLOȘ SORIN, CALEA GRIVIȚEI
NR.160, BL.B, SC.A, ET.9, AP.42,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **LĂNCRĂN JAN ION IOAN FERDINAND,
STR. VELEI NR. 2, BL. 2, SC. 2, AP. 57,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **SAVASTRU DAN, STR.IANI BUZOIANI
NR.3, BL.16, SC.A, AP.2, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **SAVASTRU ROXANA,
STR.IANI BUZOIANI NR.3, BL.16, SC.A,
AP.2, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **TĂUTAN MARINA, STR.EMIL RACOVIȚĂ
NR.6, BL.R 1, SC.2, AP.45, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO**

(54) **DISPOZITIV OPTOELECTRONIC DE PROCESARE DE GĂURI
TRANSVERSALE STRĂPUNSE ÎN FIBRE OPTICE
MONOMOD PRIN ABLAȚIE LASER**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv optoelectronic pentru procesarea prin ablație laser a fibrelor optice monomod, folosind emițătoare laser pentru executarea de găuri transversale, străpunse în fibrele optice monomod, în scopul transformării acestora în senzori chimici și/sau biochimici, sau în componente fotonice pentru telecomunicații. Dispozitivul conform invenției este alcătuit dintr-un emițător (1) laser care generează un fascicul laser divizat cu ajutorul unui divizor (2) optic în două fascicule laser de intensități egale, dirijate prin reflexie pe două oglinzi (3 și 4) plane, la incidență normală în două puncte diametral opuse pe suprafața exterioară a fibrei optice (5) de procesat, fibra optică (5) fiind montată pe un suport (6) mecanic ce permite deplasarea controlată de un calculator (7) într-un plan perpendicular pe axa comună a celor două fascicule laser, pe două axe (X și Y) perpendicularare una pe cealaltă, una fiind identică cu axa fibrei optice (5), calculatorul (7) având și rolul de a controla emisia laser generată de emițătorul (1) laser, și de a o coordona cu deplasarea efectuată de suportul (6) mecanic.

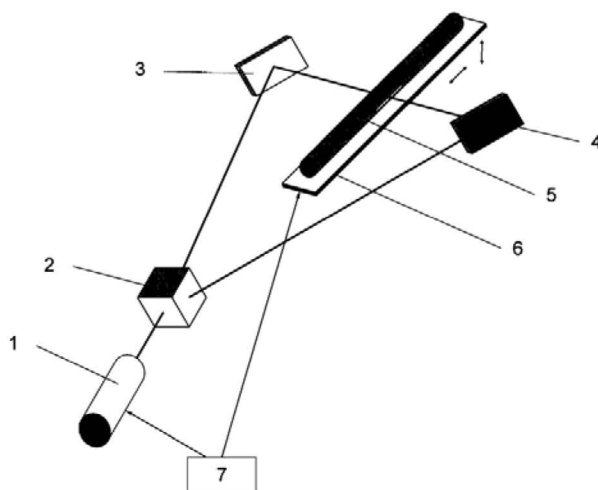


Fig. 2

Revendicări: 1
Figuri: 2

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 OPTOELECTRONIC DE PROCESARE DE GĂURI TRANSVERSALE STRĂPUNSE ÎN FIBRE OPTICE MONOMOD PRIN ABLAȚIE LASER

Invenția se referă la un dispozitiv optoelectronic de procesare prin ablație a fibrelor optice monomod folosind emițătoare laser cu emisie de impulsuri luminoase cu durate la semiamplitudine între 175 fs și 50 ps operate în regim de moduri legate la lungimi de undă din domeniile spectrale vizibil și infraroșu apropiat pentru procesarea de găuri transversale străpunse în fibrele optice monomod în scopul transformării acestora în senzori chimici și/sau biochimici precum și în componente fotonice de telecomunicații.

Se cunosc dispozitive construite pentru procesarea prin ablație laser a materialelor optice transparente așa cum este sticla de cuarț, materialul constituent al fibrelor optice, folosind oscilatoare laser cu funcționare în regim de comutație optică și/sau de moduri legate având o distribuție transversală de tip Gauss a intensității. Aceste dispozitive au costuri mari de cost și de utilizare și nu pot fi utilizate pentru procesarea de fibre optice monomod pentru transformarea acestora în senzori chimici și/sau biochimici sau în componente ale sistemelor de telecomunicațiilor de mare viteză și de mare capacitate. În acest sens amintim brevetele S.U.A. nr. US6283955, US6797919, US20020033558 și US20070012665A1, precum și brevetul internațional WO/2014/ 146724A1, care se referă la dispozitive de ablație laser a materialelor. Dezavantajele acestor soluții este acela al prețurilor de cost de fabricație și de întreținere, al modului complicat de montare și utilizare, precum și faptul că nu pot fi utilizate pentru procesarea fibrelor optice datorită restricționărilor în ceea ce privește dimensiunile și precizia marginilor zonelor decupate.

Dispozitivul conform invenției înlătură dezavantajele arătate mai înainte prin aceea că permite procesarea prin ablație laser a fibrelor optice monomod pentru obținerea de găuri transversale străpunse prin miezul fibrei optice având o formă a orificiilor de intrare și ieșire a acestor găuri impusă de utilizările ulterioare folosind un montaj cu preț de cost de fabricație și întreținere mic în raport cu scopul pentru care este construit, simplu de utilizat și reglat.

Problema tehnică pe care prezenta invenție își propune să o rezolve constă în procesarea prin ablație laser a fibrelor optice monomod pentru obținerea de găuri transversale străpunse în acestea având o geometrie simetrică în raport cu axa fibrei optice monomod procesate folosind ca surse de radiație luminoasă oscilatoare laser operate în regim de moduri legate cu emisie de impulsuri laser cu durate la semi-amplitudine între 175 fs și 50 ps la lungimi de undă din domeniile spectrale vizibil și infraroșu apropiat.

Funcționarea unui dispozitiv optoelectronic de procesare prin ablație laser a materialelor dielectrice sau semiconductoare transparente poate fi analizată luând în considerare parametrii caracteristici ai materialului procesat. În primul rând sunt evaluate valoarea E_g , energia benzii interzise a materialului procesat, exprimată de obicei în eV, precum și rata de emisie de fluorescență, egală cu inversul timpului de viață al unui electron excitat printr-un mijloc oarecare din banda de valență în banda de conducție la o tranziție inversă însoțită de emisia unui foton. E_g reprezintă energia care este necesară excitării unui electron legat aflat în banda de valență pentru ca acesta să efectueze o tranziție în banda de conducție devenind un electron liber. Eficiența procesării materialelor optice transparente prin ablație laser este condiționată de concentrația de electroni liberi din banda de conducție proveniți din banda de valență excitați prin fotoionizare simplă sau multiplă (MPI) indusă de fotonii impulsului laser incidente. Definirea concentrației electronilor liberi din banda de conducție poate să fie făcută prin simulare numerică, constituind prima etapă în procesul de eficientizare a procesării prin ablație laser a materialelor optice transparente. În următoarea etapă a acestui proces este necesară luarea în considerare a fenomenelor de excitare a electronilor liberi creați în banda de conducție prin absorbție simplă sau multiplă de fotoni laser până la obținerea unor energii suficiente pentru dislocarea ionilor sau atomilor din structura materialului procesat datorită fenomenului de bremsstrahlung invers. Cantitativ, pentru analiza fenomenului de ablație laser contează definirea valorii maxime, pe axa fasciculului, a intensității laser a fasciculului cu care se face ablația, prin aceasta fiind definită, după efectuarea de simulări numerice, implicit și distribuția numărului de fotoni ai fasciculului de procesare prin ablație. În cazul unui fascicul emis de un oscilator laser cu funcționare în regim de comutație optică și/sau de moduri legate, generând impulsuri având energia pe impuls E_p și durata de impuls la semi-amplitudine (FWHM) t_p , considerate ca având o formă de undă de tip Gauss, cu o frecvență de repetiție a impulsurilor R , cu o putere de emisie medie P și având o distribuție transversală de tip Gauss a intensității $I(r)$ caracterizată de o valoare w_0 a razei caracteristice FWHM a spotului laser având o simetrie circulară, la care intensitatea laser este jumătate din valoarea maximă pe axa fasciculului, I_0 , sunt valabile următoarele ecuații:

$$I_0 = \frac{4E_p}{t_p w_0^2 \pi \sqrt{2\pi}} = \frac{4}{t_p w_0^2 \pi \sqrt{2\pi}} \frac{P}{R} \quad (1)$$

$$I(r,t) = I_0 \exp\left[-2\left(\frac{r}{w_0}\right)^2\right] \exp\left[-2\left(\frac{t}{t_p}\right)^2\right] \quad (2)$$

Se poate defini, după o serie de calcule algebrice, adâncimea h_a a unei gropi, a unei adâncituri create de un impuls laser în materialul procesat, prin ecuația .

$$h_a = \alpha_{eff}^{-1} \ln \left(\frac{E_p}{Aw_0^2 F_{th}} \right) \quad (3)$$

unde α_{eff}^{-1} este coeficientul de absorbție al materialului procesat prin ablație, A este o constantă de material iar F_{th} este valoarea de prag de ablație a fluenței laser pentru materialul procesat, adică a densității de energie laser pe suprafața spotului laser, pe suprafața pe care se face ablația laser.

Metoda folosită de dispozitivul conform invenției pentru procesarea prin ablație laser a unei fibre optice monomod pentru obținerea de găuri transversale străpunse în aceasta având o geometrie simetrică în raport cu axa fibrei optice monomod procesate, constă în aceea că se folosește un fascicul de lumină generat de un oscilator laser operat în regim de moduri legate care generează impulsuri laser cu durate la semi-amplitudine între 175 fs și 50 ps și forme de undă ce pot fi considerate ca fiind de tip Gauss precum și o distribuție transversală în raport cu axa de propagare a intensității laser de tip Gauss și cu emisie la lungimi de undă din domeniile spectrale vizibil sau infraroșu apropiat cu o frecvență de repetiție între 100 kHz și 400 MHz cu care, după splitarea în două fascicule laser cu intensități egale, după procesarea și focalizarea fiecăreia dintre cele două fascicule rezultate cu un dispozitiv de transformare a distribuției transversale de intensitate laser de tip Gauss într-una de tip top-hat, este iluminată, pe aceeași axă, din părți diametral opuse fibra optică monomod de procesat montată pe un suport mecanic care permite deplasări controlate pas-cu-pas cu o precizie minimă de 100 nm pe două axe, X și Y, X fiind paralelă cu axa optică a fibrei optice monomod de procesat iar Y fiind perpendiculară pe aceasta și pe axa de iluminare laser. Deplasarea fibrei optice monomod procesată prin ablație se face exclusiv într-un plan perpendicular pe axa de propagare a celor fascicule laser care iluminează din părți diametral opuse fibra optică monomod procesată și este controlată cu un calculator conectat la blocul de comandă și control al emițătorului laser. În acest mod, pentru înlăturarea efectelor fenomenului de saturație a ablației laser, numărul de impulsuri laser care ajung în două puncte diametral opuse pe suprafața fibrei optice monomod de procesat este controlat, fiind corelat cu adâncimea degajării făcute în sticla de cuarț, sau alt material asemănător, din care este fabricată fibra optică.

Dispozitivul conform invenției este alcătuit dintr-un emițător laser care generează impulsuri laser cu durate la semi-amplitudine între 175 fs și 50 ps și forme de undă ce pot fi

considerate ca fiind de tip Gauss, având o distribuție transversală în raport cu axa de propagare de tip Gauss a intensității laser, cu lungimi de undă din domeniile spectrale vizibil sau infraroșu apropiat și cu o frecvență de repetiție între 100 kHz și 400 MHz, impulsurile laser astfel generate propagându-se sub forma unui fascicul laser incident pe al doilea subansamblu al dispozitivului, subansamblu format dintr-un divizor optic 50-50% care divide fasciculul incident în două fascicule cu intensități egale care sunt direcționate fiecare printr-o oglindă plană pe câte un punct de incidență normală pe suprafața exterioară a fibrei optice monomod de procesat astfel încât cele două puncte de incidență să se afle pe poziții diametral opuse. În acest mod este asigurată ablația laser folosind intensități egale incidente simultan în cele două poziții diametral opuse de pe circumferința fibrei optice monomod de procesat. Fibra optică monomod de procesat este montată pe al treilea subansamblu al dispozitivului conform invenției, adică pe un suport care poate să fie deplasat pe două direcții perpendiculare una pe cealaltă, X și Y, cu motoare pas-cu-pas controlate de un calculator, una dintre direcții fiind axa fibrei optice monomod, cele două axe X și Y fiind situate într-un plan perpendicular pe axa definită de cele două fascicule laser incidente pe suprafața fibrei optice monomod. Al patrulea subansamblu al dispozitivului conform invenției este constituit de calculatorul care comanda deplasarea după direcțiile X și Y ale fibrei optice monomod de procesat și coordonează această deplasare cu numărul de impulsuri laser incidente pe cele două puncte diametral opuse de pe suprafața fibrei optice monomod de procesat. Este necesară menționarea faptului că stratul exterior din acrilat pentru protecție mecanică a fibrei optice monomod este decapat de pe suprafața fibrei optice pe toată circumferința sau pe două suprafețe rezonabil de mari care să includă zonele aflate în poziții diametral opuse de pe suprafața fibrei optice monomod de procesat unde urmează să se producă incidența impulsurilor laser de ablație.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- Dispozitivul folosește componente optice și mecanice ale căror prețuri de cost și de întreținere sunt eficiente în raport cu scopul propus, unele dintre acestea fiind ieftine și ușor de procurat.
- Dispozitivul poate să fie folosit pentru procesarea prin ablație laser a fibrelor optice fabricate din diverse sorturi de materiale optice.
- Dispozitivul permite procesarea prin ablație laser a fibrelor optice monomod astfel încât stratul exterior de acrilat de protecție mecanică a fibrei optice să fie păstrat în mare măsură, fiind înlăturate problemele de fiabilitate și rezistență mecanică ale fibrei optice ulterioare procesării acesteia.

- Dispozitivul poate fi ușor de montat și utilizat în laboratoare sau fabrici producătoare de aparatură optică și de mecanică fină.
- Dispozitivul permite procesarea prin ablație laser folosind impulsuri laser cu intensități egale simultan normal incidente pe două puncte de pe suprafața fibrei optice monomod.

În fig. 1 este prezentat schematic principiul de funcționare a dispozitivului conform invenției. În fig. 1 se pot observa, în colțul din stânga sus, o vedere de sus a fibrei optice monomod în care a fost procesată o gaură transversală; în colțul din dreapta sus, o secțiune transversală prin fibra optică monomod având o gaură transversală străpunsă; în colțul din stânga jos, o secțiune longitudinală prin fibra optică monomod având o gaură transversală străpunsă; în colțul din dreapta jos un detaliu A al secțiunii reprezentate în colțul din stânga jos. De asemenea, în fig. 1 se pot observa învelișul **1** fibrei optice monomod, miezul **2** al fibrei optice monomod și gaura transversală străpunsă **3**. În detaliul A se pot observa marginile degajărilor săpate prin ablație laser în sticla de cuarț din care este fabricată fibra optică monomod procesată. Adâncimea fiecărei astfel de degajări este impusă de calculatorul care coordonează deplasarea fibrei optice monomod de procesat cu emisia laser folosită pentru ablația suprafeței fibrei optice funcție de sortul de sticlă de cuarț din care este fabricată fibra optică, de lungimea de undă de emisie a emițătorului laser folosit pentru ablație, de durata la semi-amplitudine a impulsurilor laser și de frecvența de repetiție a acestora.

O formă preferată de realizare a invenției se prezintă în continuare, în legătură cu fig. 2. În fig. 2, este prezentată schema dispozitivului realizat conform invenției, unde se pot observa emițătorul laser **1** care generează fasciculul laser folosit pentru procesarea prin ablație a fibrei optice monomod, fasciculul laser fiind divizat cu divizorul optic **2** în două fascicule laser de intensități egale, dirijate cu oglinzile plane **3** și **4**, la incidență normală pe fibra optică monomod de procesat **5** în două puncte diametral opuse de pe suprafața sa exterioară, fibră anterior decapată de stratul de acrilat în cele două zone de incidență și unde se produce ablația, fibra **5** fiind montată pe un suport mecanic **6** care permite translația controlată de calculatorul **7** într-un plan perpendicular pe axa comună a celor două fascicule laser pe două axe X și Y perpendiculare una pe cealaltă, una fiind identică cu axa fibrei optice monomod de procesat, **7** având și rolul de a controla emisia laser generată de **1** și de a o coordona cu deplasarea efectuată de **6**.

REVENDICARE

Dispozitiv optoelectronic de procesare prin ablație a fibrelor optice monomod folosind emițătoare laser cu emisie de impulsuri luminoase cu durate la semiamplitudine între 175 fs și 50 ps operate în regim de moduri legate la lungimi de undă din domeniile spectrale vizibil și infraroșu apropiat pentru fabricarea de găuri transversale străpunse prin fibrele optice monomod procesate în scopul transformării acestora în senzori chimici și/sau biochimici precum și în componente fotonice de telecomunicații **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-un emițător laser **1** care generează un fascicul laser divizat cu un divizor optic **2** în două fascicule laser de intensități egale dirijate prin reflexie pe două oglinzi plane, **3** și **4**, la incidență normală în două puncte diametral opuse pe suprafața exterioară a fibrei optice monomod de procesat **5**, anterior decapată de stratul de acrilat în zonele de incidență, fibra **5** fiind montată pe un suport mecanic **6** care permite deplasarea controlată de calculatorul **7** într-un plan perpendicular pe axa comună a celor două fascicule laser pe două axe X și Y perpendiculare una pe cealaltă, una fiind identică cu axa fibrei optice monomod de procesat, **7** având și rolul de a controla emisia laser generată de **1** și de a o coordona cu deplasarea efectuată de **6**.

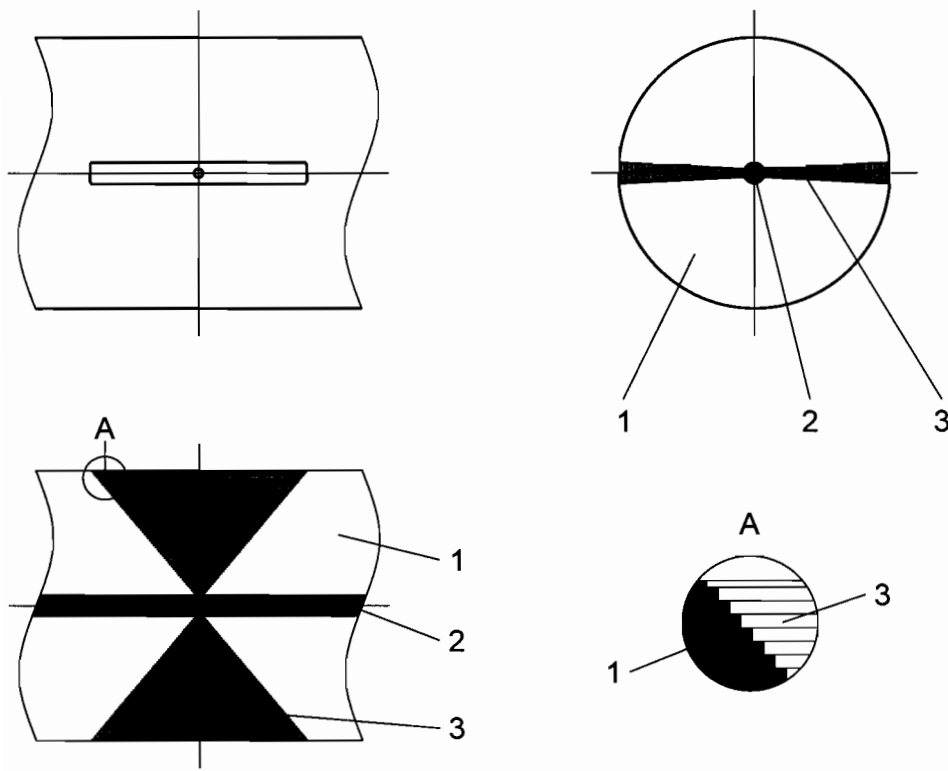


Fig. 1

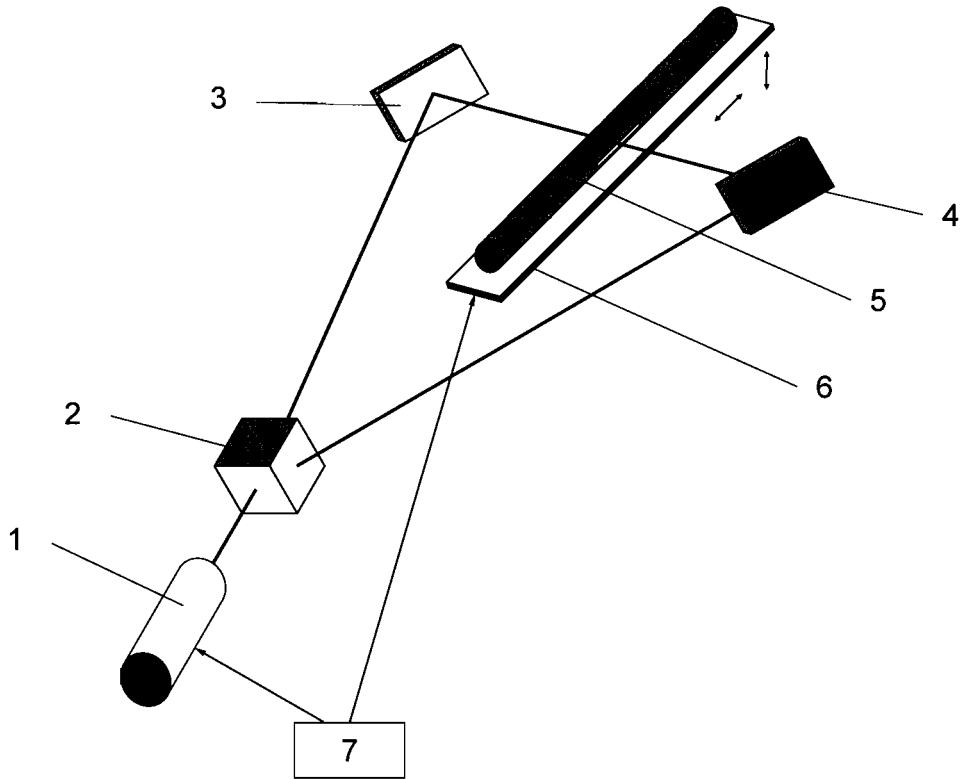


Fig. 2