



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2016 01038**

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

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

(71) Solicitant:  
• **UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCUREȘTI, SPLAIUL INDEPENDENȚEI NR.313, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU FIZICA LASERILOR, PLASMEI ȘI RADIAȚIEI, STR.ATOMIȘTILOR NR.409, MĂGURELE, IF, RO**

(72) Inventatori:  
• **PETRIS ADRIAN, BD. IULIU MANIU NR. 192, BL. B, SC. 1, AP. 45, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **VLAD IONEL VALENTIN, STR.STOCKHOLM NR.10, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **GHEORGHE PETRONELA, STR. REACTORULUI NR. 26, MĂGURELE, IF, RO;**  
• **RĂU ILEANA, STR. POIANA CU ALUNI NR.3, BL.10, SC.1, ET.5, AP.22, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **KAJZAR FRANCOIS, STR. POIANA CU ALUNI NR. 3, BL. 10, SC. 1, AP. 22, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO**

## (54) MODULATOR SPAȚIAL DE LUMINĂ COMPLET OPTIC BAZAT PE ADN FUNCȚIONALIZAT

### (57) Rezumat:

Invenția se referă la un modulator de lumină complet optic, pentru aplicații care necesită modularea fazei optice a unui fascicul laser. Modulatorul conform invenției este constituit dintr-un laser de pompaj cu lungimea de undă  $\lambda = 532$  nm, care generează un fascicul modulator incident pe un material (NLO) optic neliniar, constând din acid dezoxiribonucleic (ADN) funcționalizat cu surfactantul cetiltrimetil amoniu (CTMA) și dopat cu cromofori fotoizomerizabili: Dispers Red 1 (DR1) sau Dispers Orange 3 (DO3), căruiia îi modifică indicele de refracție conform distribuției de intensitate a fasciculului modulator, dintr-un laser de probare cu lungimea de undă în afara domeniului de sensibilitate spectrală a materialului (NLO) (He-Ne,  $\lambda = 633$  nm) care generează un fascicul laser de probare care se suprapune peste fasciculul laser modulator în materialul (NLO) optic neliniar, faza optică a fasciculului de probare fiind modulată conform distribuției indicelui de refracție induse de fasciculul modulator în materialul (NLO) optic neliniar, obținându-se astfel un fascicul de

probare modulat care trece printr-o lentilă (L) dispusă între materialul (NLO) optic neliniar și un analizor de fascicul (AF), adaptând mărimea spotului fasciculului modulat la mărimea matricei fotosensibile a analizorului de fascicul (AF), utilizat pentru vizualizarea fasciculului modulat.

Revendicări: 3  
Figuri: 5

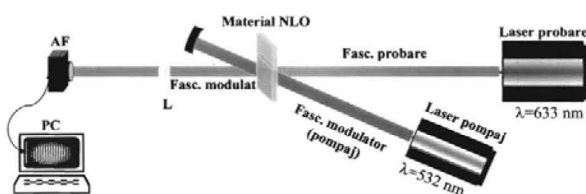


Fig. 1

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).





## MODULATOR SPATIAL DE LUMINA COMPLET OPTIC BAZAT PE ADN FUNCTIONALIZAT

Invenția se încadrează în domeniul dispozitivelor optice neliniare pentru modificarea fazei unui fascicul de lumină laser, controlată complet optic de un alt fascicul laser.

În funcție de proprietățile optice ale materialului neliniar optic (NLO) care sunt modificate pentru modularea luminii, modulatele de lumină pot fi modulate absorbitive (când este modificat coeficientul de absorbție al materialului NLO) sau refractive (când este modificat indicele de refracție al materialului NLO).

Spre deosebire de modulatele refractive în care indicele de refracție este modulată de un factor extern diferit de lumină (modulate electro-optice, magneto-optice, acusto-optice), într-un modulator de lumină complet optic controlul modulației este realizat de un fascicul de lumină modulator.

Sunt cunoscute câteva tipuri de modulate spațiale de lumină complet optice bazate pe cristale lichide (brevet US7324286B1), plasmoni de suprafață, materiale fotocromice (brevet US5062693A) etc.

Brevetul US7324286B1 se referă la un dispozitiv cu funcțiuni de modulator de fază pentru direcționarea sau comutarea unui fascicul, bazat pe difracția Bragg pe o rețea înscrisă într-o sticlă foto-termo-refractivă, controlată optic prin intermediul unei structuri modulate cu cristal lichid.

Dispozitivul propus de T. Okamoto în 1993, funcționând prin reflexie, este bazat pe excitarea plasmonilor de suprafață și constă dintr-o prismă optică cu indice de refracție mare pe care sunt depuse un film subțire de argint și un film de polimer dopat cu colorant.

Brevetul US5062693A face referire la un modulator spațial de lumină bidimensional, controlat optic. Funcționarea acestui dispozitiv are la bază diverse materiale de sinteză fotocromice. Acest dispozitiv funcționează utilizând trei molecule diferite.

Toate aceste dispozitive se bazează așadar pe materiale de sinteză, nebiodegradabile, neecologice.

Modulatorul de lumină complet optic ce face obiectul prezentei invenții, este un modulator de fază, bazat pe un material neliniar optic modern, biopolimerul ADN funcționalizat cu cromofori, ce poate fi utilizat în aplicațiile ce necesită modularea fazei unui fascicul laser, controlată pur optic de un fascicul modulator.

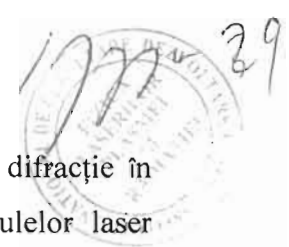
Astfel, prin interacțiunea dintre fasciculul modulator și biopolimerul ADN-CTMA dopat cu cromofor, utilizat în modulator, lumina fasciculului de modulare poate induce în acest material o serie de structuri de indice de refracție dinamice, ce pot acționa drept componente optice de fază, cu diferite profile de indice de refracție controlate spațial și temporal de lumină de modulare,

Ru B



Nota

Handwritten signature and initials.



pentru diverse funcționalități fotonice: focalizare, deviere, limitare optică refractivă, difracție în diferite regimuri (Raman-Nath, Bragg), modificare și corectare a profilului fasciculelor laser modulate etc.

Materialul neliniar utilizat în modulator este biopolimerul ADN-CTMA (acid dezoxiribonucleic (ADN) funcționalizat cu surfactantul cetiltrimetil amoniu (CTMA)) și dopat cu cromofori foto-izomerizabili: Disperse Red 1 (DR1) și Disperse Orange 3 (DO3).

Modulatorul propus, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate prin aceea că este construit dintr-un laser de probare He-Ne,  $\lambda = 633$  nm, care generează fasciculul laser de probare, un laser de pompaj,  $\lambda = 532$  nm, care generează fasciculul modulator, ambele fascicule suprapunându-se în materialul neliniar optic (NLO) pe bază de biopolimer ADN-CTMA funcționalizat cu cromoforii fotoizomerizabili disperse red 1 (DR1) și disperse orange 3 (DO3), obținându-se un fascicul modulat, a cărui modulație este controlată optic de fasciculul modulator, care trece printr-o lentilă L, dispusă între materialul NLO și analizorul de fascicul AF, adaptând mărimea spotului fasciculului modulat la mărimea matricii fotosensibile a AF utilizat pentru vizualizarea fasciculului modulat.

Problema tehnică pe care o soluționează modulatorul, conform invenției, se referă la materialul NLO utilizat, care este ecologic, biodegradabil, prietenos cu mediul, obținut din deșeuri, cu o stabilitate termică foarte bună, structura simplă a modulatorului, obținerea unei modulații de fază mari, de aproximativ 14 radiani (în regim liniar de funcționare), comparativ cu modulatele existente.

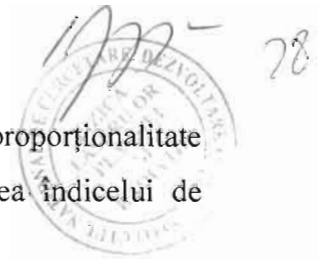
Principiul de funcționare al modulatorului de lumină spațial complet optic ("All Optical Spatial Light Modulator" – AOSLM) cu ADN funcționalizat ce face obiectul prezentei invenții este următorul:

Faza optică  $\Phi_0$  a unui fascicul de lumină cu lungimea de undă  $\lambda$  care trece printr-un mediu cu indicele de refracție  $n_0$  și grosimea  $L$  este dată de:

$$\Phi_0(L) = \frac{2\pi n_0 L}{\lambda} \quad (1)$$

Elementul esențial al modulatorului este un material optic neliniar (NLO) (ADN funcționalizat cu cromofori, în cazul prezentei invenții) al cărui indice de refracție  $n_0$  este modificat de lumină având lungimea de undă în domeniul de sensibilitate spectrală al materialului considerat. Pe acest material este incident un fascicul laser modulator (denumit și fascicul de pompaj), având lungimea de undă  $\lambda_{pump}$  (în domeniul de sensibilitate spectrală al materialului NLO) și distribuția de intensitate  $I_{pump}(x,y,z)$ .





În cazul proceselor optice neliniare de ordinul trei există o relație de directă proporționalitate între distribuția de intensitate  $I_{pump}(x,y,z)$  a fasciculului modulator și modificarea indicelui de refracție  $\Delta n(x,y,z)$  produsă de acesta în materialul NLO:

$$\Delta n(x, y, z) = n_2 \cdot I_{pump}(x, y, z) , \quad (2)$$

în care  $n_2$  este indicele de refracție neliniar al materialului NLO.

Ca urmare, indicele de refracție al materialului NLO,  $n_0$  în absența iluminării, se modifică atunci când este iluminat cu fasciculul modulator, distribuția de indice de refracție  $n(x,y,z)$  devenind:

$$n(x, y, z) = n_0 + \Delta n(x, y, z) , \quad (3)$$

Astfel, distribuția de indice de refracție  $n(x,y,z)$  este proporțională cu distribuția de intensitate  $I_{pump}(x,y,z)$  a fasciculului modulator.

Faza optică a unui fascicul laser de probare (fascicul modulat), cu lungimea de undă  $\lambda_{probe}$ , situată în afara domeniului de sensibilitate spectrală a materialului NLO (pentru a nu induce, la rândul lui, modificări ale indicelui de refracție al materialului NLO), ce trece prin materialul NLO cu indicele de refracție modificat de fasciculul modulator, este modulată în conformitate cu modificarea  $\Delta n(x,y,z)$  a indicelui de refracție, ajungând la ieșirea din proba la  $\Delta\Phi_{NL}(x, y, L)$ , data de:

$$\Delta\Phi_{NL}(x, y, L) = k_{probe} \cdot \int_0^L \Delta n(x, y, z) \cdot dz , \quad (4)$$

în care  $k_{probe} = 2\pi/\lambda_{probe}$  este numărul de undă al fasciculului modulat (de probare).

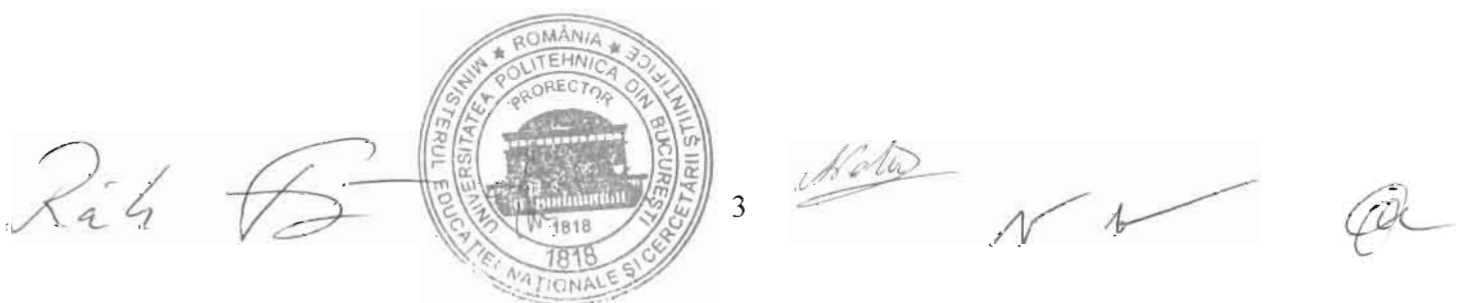
Astfel, în modulatorul considerat în această invenție, distribuția spațială a fazei optice a fasciculului modulat este controlată de fasciculul modulator, ce modifică indicele de refracție al materialului NLO, conform propriei distribuții de intensitate luminoasă.

Deoarece absorbția fasciculului modulator în materialul NLO este ne-neglijabilă, intensitatea fasciculului de pompaj nu este constantă în grosimea acestuia. Ca urmare a absorbției liniare în materialul NLO, caracterizată de coeficientul de absorbție  $\alpha$ , intensitatea fasciculului modulator este maximă pe fața de intrare a materialului NLO și scade în lungul direcției de propagare a luminii,  $z$ , conform legii Lambert – Beer:

$$I_{pump}(x, y, z) = I_{pump}(x, y, 0) \exp(-\alpha z) . \quad (5)$$

Modificarea indicelui de refracție în adâncimea materialului NLO va avea o dependența de  $z$  de același tip:

$$\Delta n(x, y, z) = n_2 I_{pump}(x, y, z) = \Delta n(x, y, 0) \exp(-\alpha z) , \quad (6)$$





modulația maximă a indicelui de refracție,  $\Delta n(x,y,0)=n_2 I_{pump}(x,y,0)$ , obținându-se la intrarea fasciculului laser de pompaj în materialul NLO ( $z=0$ ). La ieșirea din acesta, modulația fazei va fi dată de:

$$\Delta\Phi_{NL}(x,y,L) = k_{probe} \cdot \Delta n(x,y,0) \cdot \int_0^L \exp(-\alpha z) \cdot dz = k_{probe} \cdot \Delta n(x,y,0) \cdot L_{eff} \quad (7)$$

unde  $L_{eff}$  este lungimea efectivă, dată de

$$L_{eff} = (1 - e^{-\alpha_0 L}) / \alpha_0 \quad (8)$$

Așadar, distribuția modificării fazei fasciculului modulat, la ieșirea din materialul NLO:

$$\Delta\Phi_{NL}(x,y,L) = \frac{2\pi}{\lambda_{probe}} \cdot L_{eff} \cdot n_2 \cdot I_{pump}(x,y,0) \quad (9)$$

va fi proporțională cu distribuția de intensitate a fasciculului modulator, la intrarea în materialul NLO. Ea va depinde și de mărimea absorbției liniare (prin  $L_{eff}$ ) și de mărimea răspunsului neliniar (prin  $n_2$ ) ale materialului NLO utilizat în modulator.

Asadar, în modulatorul considerat în aceasta invenție, distribuția de intensitate a fasciculului de pompaj (modulator) este transferată sub forma unei distribuții de fază, fasciculului de probare (modulat).

Biopolimerul ADN are o serie de avantaje față de polimerii sintetici, atât în ce privește modul de obținere, cât și al unor proprietăți ce îl recomandă pentru aplicații în fotonica organică, în general, și în cele bazate pe funcționalizarea cu cromofori fotoizomerizabili, în particular.

Legat de modul de obținere, biopolimerul ADN este un material ecologic, biodegradabil, obținându-se din resurse regenerabile (de exemplu, deșeuri din industria alimentară) prin tehnologii ecologice moderne.

Biopolimerul ADN este transparent în domeniile spectrale vizibil și infraroșu apropiat. În ce privește transformările de fotoizomerizare trans-cis-trans ale DR1 și DO3, viteza și reversibilitatea modificărilor conformaționale ale moleculelor de colorant sunt puternic influențate de mediul molecular în care se găsesc aceste molecule. Rigiditatea matricii în care este înglobat cromoforul este importantă. Din acest punct de vedere, structura specifică dublu-elicoidală a spiralei ADN-ului asigură un volum liber mai mare în acest biopolimer decât în polimerii sintetici, făcând mai ușoare și mai rapide modificările conformaționale ale moleculelor de colorant fotoizomerizabil, în special pentru molecule mici de cromofor. Aceste modificări conformaționale sunt mult mai rapide în mediu lichid (soluții ADN-CTMA-cromofor) decât în matrice solidă. De asemenea, elicea dublă a macro-moleculei de ADN stabilizează și protejează mai bine moleculele de colorant, împiedicând și agregarea lor, ceea ce permite realizarea unor concentrații mai mari de colorant în soluții sau mediu solid.

Rău B



Mateu

V N

A

1777 46

Un alt avantaj al biopolimerului ADN este stabilitatea lui termică bună. El se descompune la temperaturi de 220°C. Pragul de distrugere, parametru important în folosirea unui material în fonică, este foarte mare pentru acest biopolimer. Valorile măsurate sunt 5.3 GW·cm<sup>-2</sup> pentru ADN și respectiv 5.2 GW·cm<sup>-2</sup> pentru ADN-CTMA, ceea ce arată că acești biopolimeri sunt mult mai rezistenți la pulsuri laser cu energie mare decât alți polimeri sintetici.

În continuare se prezintă un exemplu de realizare a modulatorului conform invenției în legătură cu figurile 1 – 5 care reprezintă:

- Figura 1 Schema de principiu a AOSLM cu ADN funcționalizat
- Figura 2 Spectrele de absorbție ale ADN-CTMA-DO3, ADN-CTMA-DR1 în butanol și pozițiile lungimilor de undă de pompaj ( $\lambda_{pump}=532$  nm) și de probă ( $\lambda_{probe}=633$  nm) relativ la aceste spectre
- Figura 3 Dependența modificării fazei în ADN-CTMA-DR1 și ADN-CTMA-DO3 de intensitatea fasciculului de modulare
- Figura 4 Modificarea fazei,  $\Delta\Phi_{NL}(0,0,L)$ , în biopolimerul ADN funcționalizat cu DR1, respectiv, DO3, în AOSLM descris, corespunzătoare intensității  $I_{pump}(0,0,0)$ , a fasciculului gaussian de modulare la intrarea în materialul NLO
- Figura 5 Transformarea fasciculului de probare gaussian (TEM00) într-un fascicul de tip „doughnut” (~TEM01\*) în AOSLM descris.

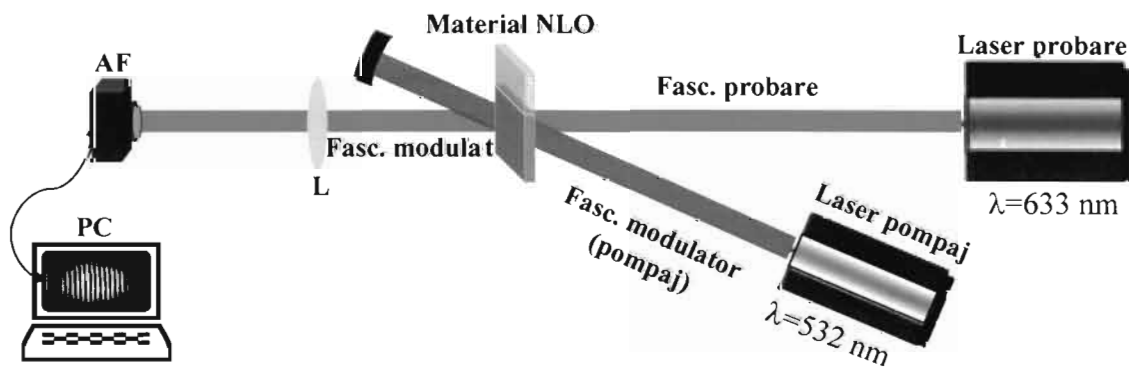


Figura 1

Fasciculul laser de pompaj (modulator) considerat este armonica a doua a unui laser c.w. Nd:YAG cu lungimea de undă  $\lambda_{pump}=532$  nm, situată în zona de sensibilitate spectrală a complexului ADN-CTMA dopat cu cromofor (DR1, DO3). Fasciculul modulator produce modificarea spațială a indicelui de refracție al materialului NLO, conform distribuției lui spațiale de intensitate. Fasciculul laser de probare (fascicul modulat) este generat de un laser He-Ne având



Ru B

petru

N N

at

177-25

lungimea de undă ( $\lambda_{probe}=633$  nm) în afara domeniului de sensibilitate spectrală a complexului ADN-CTMA-cromofor considerat.

Lentila L poate fi dispusă în montaj între materialul NLO și analizorul de fascicul (AF) laser, având rolul de a adapta mărimea spotului fascicului modulat la mărimea matricii fotosensibile a AF. De exemplu, dacă lentila cu distanță focală  $f$ , egală cu un sfert din distanța dintre planul în care este dispus materialul NLO și planul AF, este plasată la jumătatea distanței material NLO – AF, lentila formează o imagine a planului materialului NLO în planul AF, cu mărire egală cu 1. Introducerea (sau nu) a acestei lentile în montaj și poziția ei depind de aplicația specifică de modulare a fazei.

### Materialurile NLO considerate în AOSLM

Materialul NLO considerat în AOSLM este reprezentat de soluții de biopolimer ADN-CTMA (30 g/L) dopat cu cromoforii DR1, DO3, în butanol. Concentrația de dopare cu cromofor este de 10% din masa ADN-CTMA.

Soluțiile sunt introduse în cuve etanșe transparente, cu ferestre de calitate optică, cu grosimea de 0,5 mm.

Spectrele de absorbție ale compușilor ADN-CTMA-DO3 și ADN-CTMA-DR1, utilizați ca material NLO în AOSLM descris, sunt prezentate în Fig. 2. În această figură sunt marcate și lungimile de undă ale fascicului modulator și, respectiv, modulat.

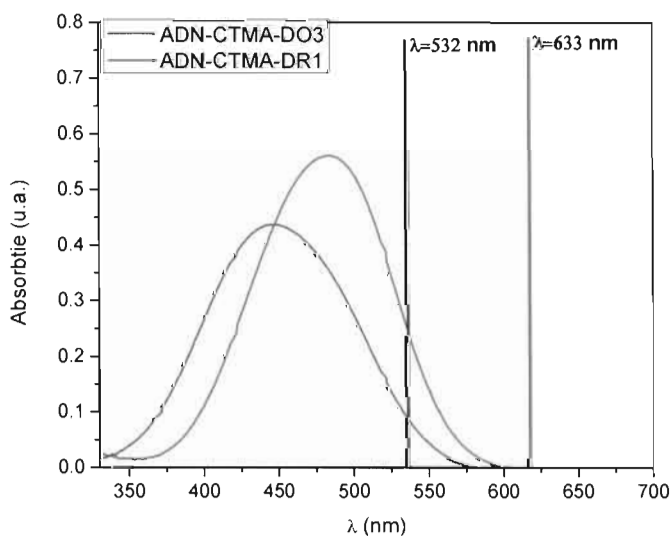
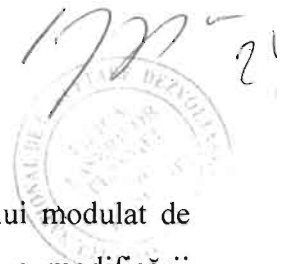


Figura 2

Răh

B S

Mă



### Mărimea modulației fazei in AOSLM considerat

În aplicații este de dorit o dependență liniară a modulației fazei fasciculului modulat de intensitatea fasciculului modulator. Această cerință presupune dependența liniară a modificării indicelui de refracție,  $\Delta n$ , a materialului NLO de intensitatea fasciculului modulator.

Pentru determinarea domeniului de liniaritate a răspunsului materialelor NLO considerate (dependent de natura cromoforului cu care este funcționalizat biopolimerul ADN) s-a măsurat dependența mărimii modulației fazei de intensitatea fasciculului modulator, utilizând un montaj interferometric.

Dependența mărimii modulației fazei de intensitatea de pompaj, în structura de AOSLM ce face obiectul invenției, este prezentată în Fig. 3.

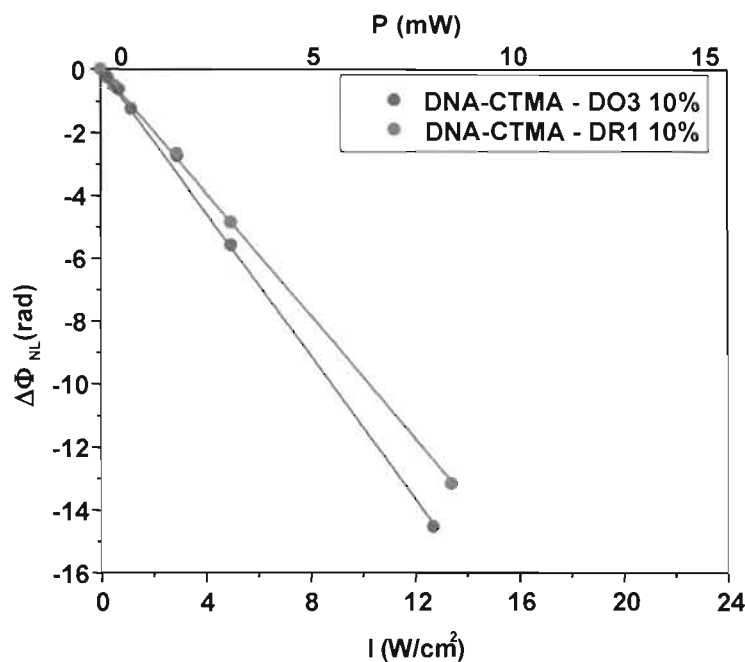


Figura 3

În domeniul intensităților considerate ale fasciculului modulator ( $I_{pump} = 0 \div 15 W/cm^2$ ) dependența liniară a modulației fazei de intensitatea de modulare, este data de:

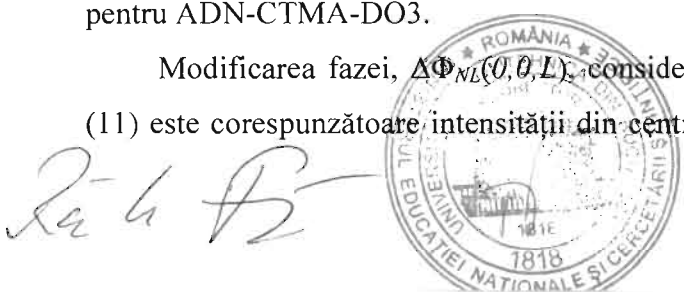
$$\Delta\Phi_{NL}(0,0,L)(rad) = -0.98 \cdot \left( \frac{rad}{W/cm^2} \right) \cdot I_{pump}(0,0,0)(W/cm^2) , \quad (10)$$

pentru ADN-CTMA-DR1,

$$\Delta\Phi_{NL}(0,0,L)(rad) = -1.14 \cdot \left( \frac{rad}{W/cm^2} \right) \cdot I_{pump}(0,0,0)(W/cm^2) , \quad (11)$$

pentru ADN-CTMA-DO3.

Modificarea fazei,  $\Delta\Phi_{NL}(0,0,L)$ , considerată în Fig. 3 și în dependențele din relațiile (10) și (11) este corespunzătoare intensității din centrul fasciculului gaussian de modulare,  $I_{pump}(0,0,0)$ , la





MP ✓ 23  
 INSTITUTUL NAȚIONAL DE INVESTIGĂRI ȘI DEZVOLTĂRI  
 ÎN OPTICĂ ȘI FOTONICĂ

intrarea în materialul NLO. Semnul negativ al modulației fazei corespunde unei lentile divergente induse în probă de fasciculul de modulare.

În Fig. 4 sunt prezentate, pentru exemplificare două distribuții 3D ale modulației fazei, pentru cele două materiale NLO considerate, determinate folosind algoritmul dezvoltat pentru reconstrucția directă a fazei optice din imagini cu franje („Direct Spatial Reconstruction of Optical Phase” – DSROP).

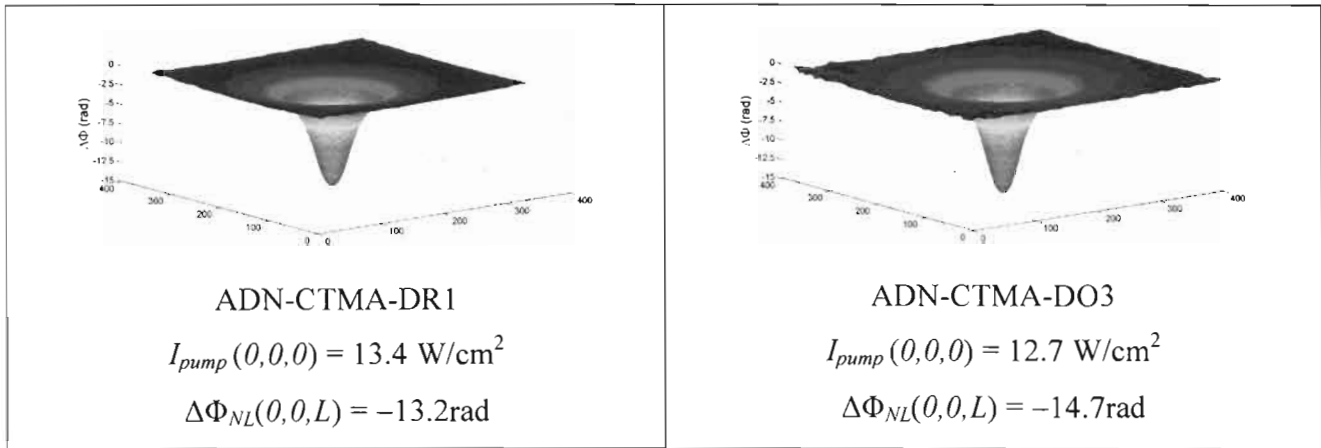


Figura 4

**Exemplu de utilizare a AOSLM descris**

Un exemplu de utilizare a AOSLM descris este ilustrat în Fig. 5, în care este prezentată transformarea unui fascicul de probare gaussian (TEM<sub>00</sub>) într-un fascicul de tip „doughnut” (~TEM<sub>01</sub>\*) în materialul NLO al cărui indice de refracție a fost modulat spațial local de fasciculul de pompaj, ce are, de asemenea, o distribuție de intensitate gaussiană. În materialul NLO este indusă, de către fasciculul de modulare, o lentilă de indice de refracție divergentă, cu apertura mai mică decât dimensiunea transversală a fasciculului modulat.

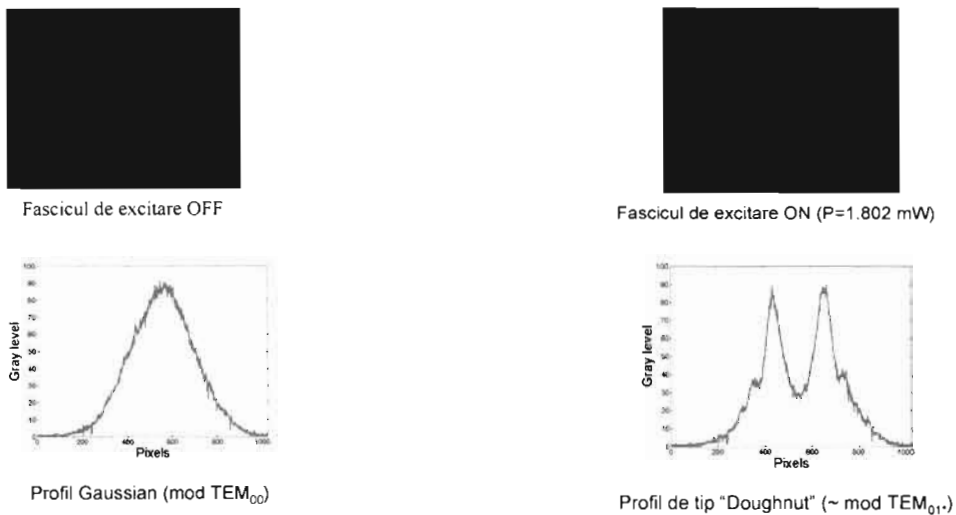
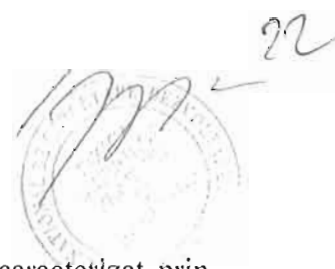


Figura 5

Răh B  
 UNIVERSITATEA POLITEHNICĂ DIN BUCUREȘTI  
 INSTITUTUL NAȚIONAL DE INVESTIGĂRI ȘI DEZVOLTĂRI ÎN OPTICĂ ȘI FOTONICĂ  
 1878  
 8  
 M. B. N. N. @

22



### Revendicări

1. Modulador spațial de lumină complet optic bazat pe ADN funcționalizat caracterizat prin aceea că este constituit dintr-un laser de probare He-Ne,  $\lambda = 633$  nm, care generează fasciculul laser de probare, un laser de pompaj,  $\lambda = 532$  nm, care generează fasciculul modulator, ambele fascicule suprapunându-se în materialul optic neliniar (NLO) pe bază de biopolimer ADN-CTMA dopat cu cromoforii fotoizomerizabili Disperse Red 1 - DR1 - și Disperse Orange 3 - DO3 - obținându-se un fascicul modulat care trece printr-o lentilă L, dispusă între materialul NLO și analizorul de fascicul AF, adaptând mărimea spotului fasciculului modulat la mărimea matricii fotosensibile a AF utilizat pentru vizualizarea fasciculului modulat.
2. Moduladorul conform revendicării 1 caracterizat prin aceea că materialul neliniar optic constă în soluții în butanol de concentrație 30 g/L de biopolimer ADN-CTMA dopat cu cromofor fotoizomerizabil DR1 în concentrație de 10% față de ADN-CTMA, dispus în cuva transparentă, etanșă, cu ferestre de calitate optică, cu grosimea de 0,5 mm.
3. Moduladorul conform revendicării 1 caracterizat prin aceea că materialul neliniar optic constă în soluții în butanol de concentrație 30 g/L de biopolimer ADN-CTMA dopat cu cromofor fotoizomerizabil DO3 în concentrație de 10% față de ADN-CTMA, dispus în cuva transparentă, etanșă, cu ferestre de calitate optică, cu grosimea de 0,5 mm.

R. B.



Handwritten signatures and initials at the bottom right.

2016-01038 23/12/2016  
MODULATOR SPAȚIAL DE LUMINĂ COMPLET OPTIC  
BAZAT PE ADN FUNCȚIONALIZAT

Adrian Petriș, Vlad Ionel Valentin, Petronela Gheorghe, Ileana Rău, Francois Kajzar

Figuri

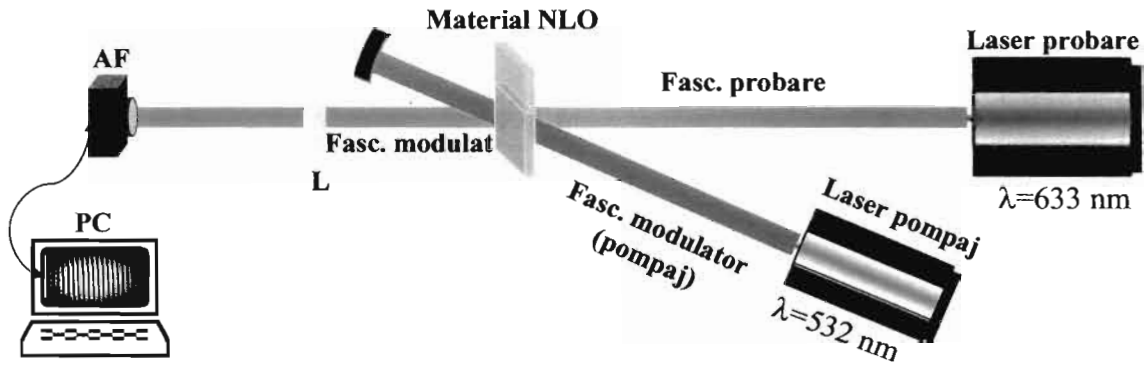


Figura 1

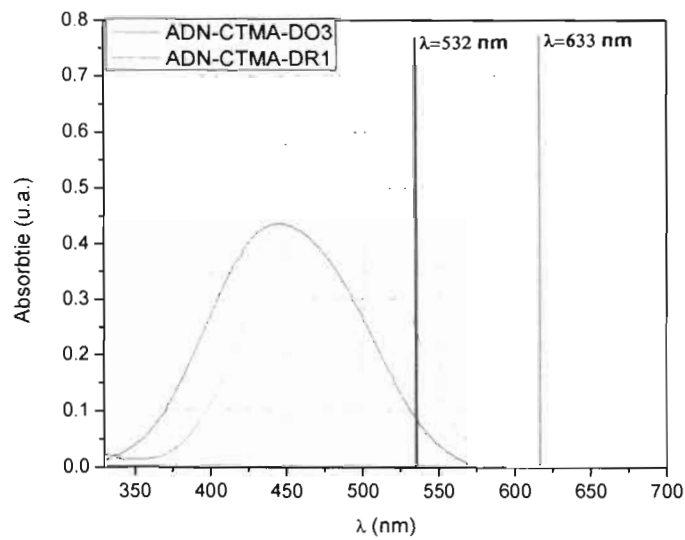


Figura 2

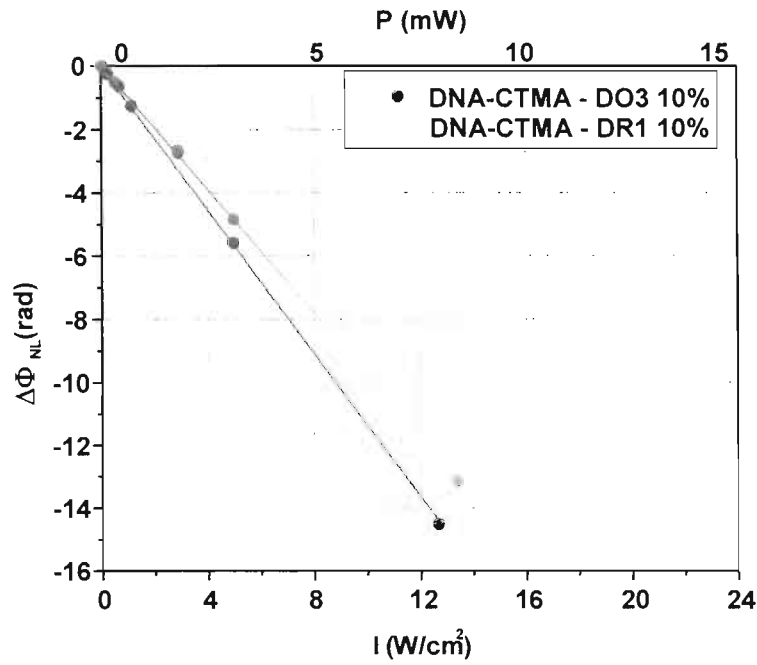


Figura 3

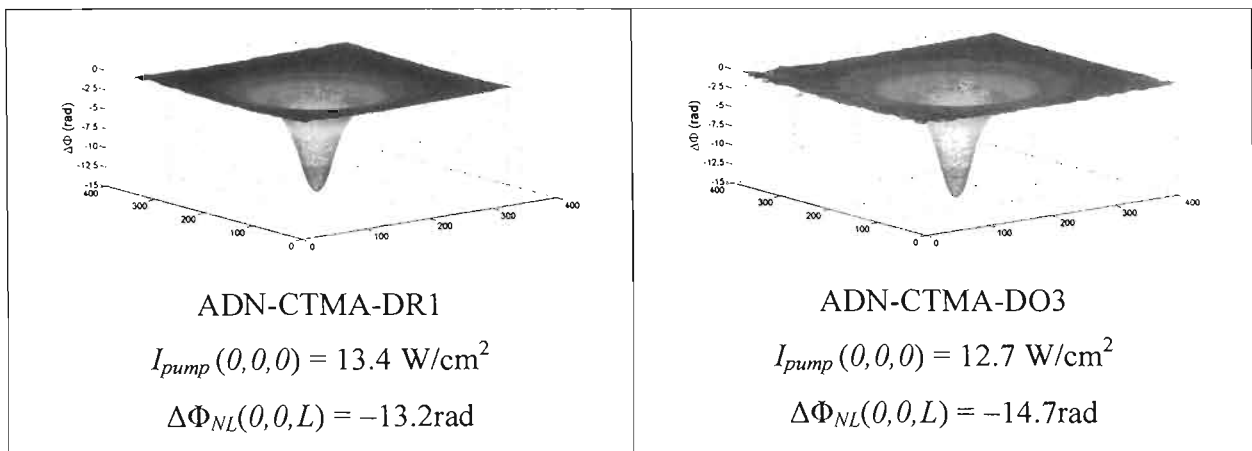


Figura 4

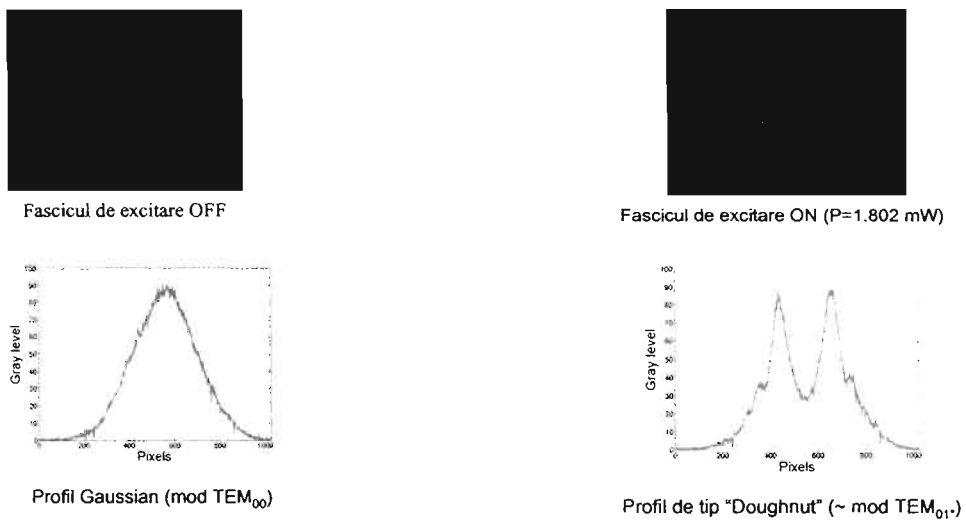


Figura 5