



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2016 00186**

(22) Data de depozit: **16/03/2016**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/10/2022** BOPI nr. **10/2022**

(41) Data publicării cererii:  
**29/09/2017** BOPI nr. **9/2017**

(73) Titular:  
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
FIZICA MATERIALELOR R.A.,  
STR.ATOMIȘTILOR NR.405 A, MĂGURELE,  
IF, RO;**  
• **PRO OPTICA S.A.,  
STR. GHEORGHE PETRAȘCU NR.67,  
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **INSTITUTUL DE OPTOELECTRONICĂ  
S.A., STR.GHEORGHE PETRAȘCU, NR.67,  
ET.4, CAM.401, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,  
RO**

(72) Inventatori:  
• **COTÎRLAN-SIMIONIUC COSTEL,  
CALEA FERENTARI NR. 72, BL.7C, SC. B,  
AP. 13, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **RIZEA ADRIAN, ALEEA BUDACU NR.5,  
BL.M3, AP.47, ET.1, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **URSU DĂNUȚ VASILE,  
ALEEA BARAJUL SĂDULUI NR.3-5,  
BL.N12-13, SC.B, AP.124, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**US 2012/0120474 A1; US 2007/0014006 A1**

(54) **DISPOZITIV OPTOELECTRONIC CU METASUPRAFAȚĂ  
CONFIGURABILĂ ELECTRIC PENTRU CONTROLUL  
POLARIZĂRII LUMINII**



1           Invenția se referă la un dispozitiv optoelectronic cu metasuprafață configurabilă elec-  
tric pentru obținerea rezoluției optice sub limita clasică de difracție și pentru sporirea vizi-  
3           bilității, în condiții dificile de detecție, având aplicații în domeniul cuploarelor optoelectronice  
cu plasmoni de suprafață și microscopie.

5           Observarea detaliilor cu dimensiuni sub lungimea de undă cu ajutorul microscopelor  
optice este dificilă datorită limitei de difracție Abbe. Limita poate fi coborâtă, dacă se utili-  
7           zează o lungime de undă mai scurtă, un indice de refracție mai mare sau se cumulează și  
contribuțiile undelor evanescente și a ordinelor superioare de difracție.

9           Pentru metalele (Au, Ag, Al, Cu, Cr, Ni) utilizate în fabricarea metamaterialelor  
(MTM), respectiv metasuprafețelor (MTS) (**Pendry J.B., "Metamaterials and the Control  
11           of Electromagnetic Fields", Proceedings of the Ninth Rochester Conference on  
Coherence and Quantum Optics, June 13, 2007, ISBN: 1-55752-849-7, Page CMB2)**  
13           indicele de refracție este un număr complex cu partea reală mică și partea imaginară de 4-6  
ori mai mare. Prin definiție MTM și MTS sunt constituite printr-o dispunere regulată în  
15           volumul unui dielectric, respectiv doar pe suprafața acestuia, de formațiuni metalice cu  
dimensiuni mai mici decât lungimea de undă de operare. Această combinație de dielectric  
17           și formațiuni metalice are proprietăți fizice care provin mai ales de la structura lor (forma  
geometrică, mărime, orientare) și nu doar de la proprietățile intrinseci ale materialelor de  
19           bază. Distribuția și forma elementelor metalice structurate în mediul dielectric afectează  
propagarea radiației electromagnetice într-o manieră care nu este observată în materialele  
21           naturale. Materialele cunoscute ca MTM cu indice de refracție negativ permit crearea de  
superlentile, care pot crește rezoluția optică dincolo de limita de difracție. Conceptul de  
23           superlentilă sau lentilă perfectă a fost introdus de Sir John Pendry și se referă la focalizarea  
fără aberații a întregului spectru, atât a undelor de propagare, cât și celor evanescente  
25           (**Pendry, J. B., "Negative refraction makes a perfect lens", Phys. Rev. Lett, 85 (18),  
2000, 3966-9**). Chiar dacă teoria formulată inițial de Pendry nu a fost tocmai corectă  
27           (**Ziolkowski, R. W., Heyman, E. (2001), "Wave propagation in media having negative  
permittivity and permeability". Physical Review E, 64 (5): 056625**), fiind valabilă doar  
29           pentru un mediu particular fără pierderi, nedispersiv și cu parametri definiți astfel încât să  
ducă la un indice de refracție negativ, totuși, rezultatul intuitiv final al acestei teorii, că atât  
31           unde de propagare, cât și cele evanescente sunt focalizate într-un punct focal în stratul  
metalic și un alt punct focal simetric în exteriorul stratului, s-a dovedit a fi corect.

33           Rezoluția superlentilelor este limitată doar de calitatea MTM sau MTS. De exemplu,  
un strat metalic foarte subțire, aproximativ de 40÷50 nm, poate acționa ca superlentilă în VIS,  
35           unde indicele de refracție  $n$  este negativ. Chiar dacă nu avem un strat metalic de suprafața  
continuu, ci doar o arie de nanoparticule sau elemente metalice nanostructurate pe suprafața  
37           dielectrică (**Traci, R. J. et al, J. Phys. Chem. B 2000, 104,10549-10556**), adică o MTS,  
aceasta acționează similar cu o rețea metalică de difracție cu dimensiuni mai mici decât  
39           lungimea de undă de operare și se constată o amplificare locală a câmpului electromagnetic  
la nivelul nanoparticulelor.

41           Se poate selecta domeniul spectral de operare al superlentilei printr-o alegere  
adecvată a factorului de umplere a rețelei de suprafața formată din molecule fusiforme cu  
43           caracter metalic și a proprietăților mediilor dielectrice care formează matricea (**S. Sun, Q. He,  
S. Xiao, Q. Xu, X. Li, L. Zhou, "Gradient-index meta-surfaces as a bridge linking  
45           propagating waves and surface waves", Nature Materials, 11, (2012), 426-431**).

          Detaliile optice mai mici decât lungimea de undă sunt transportate de EW sau SW.

Acestea nu ajung în câmp îndepărtat, astfel încât să fie observate direct ca unde de propagare (PW), pentru că se atenuază rapid în mediul optic cu indice de refracție mai mic. Însă pentru SW, respectiv EW, se poate proiecta o MTS cu indice de refracție gradat, astfel încât să se obțină transformarea de 100% a SW în PW, pentru o componentă adecvată a vectorului de unda pe direcția de propagare a SW și un anumit domeniu de valori pentru unghiul de emergență la ieșirea din mediul cu indicele de refracție mai mare.

Unghiul de emergență trebuie să fie mai mare decât o valoare critică. Toate undele PW și EW sau SW provenind de la sursa de radiații sunt prezente în planul focal al undelor PW (Lee, H. et al., **Solid State Communications 146 (2008), 202-207**). Prin introducerea structurii propuse în tehnicile de imagistică de înaltă rezoluție este cu putință să se cumuleze contribuțiile diferitelor unde purtătoare de informații.

Pe de altă parte, abordarea polarimetrică se bazează pe imagini luate prin polarizori liniari sau circulari cu orientări diferite ale polarizării. În multe aplicații, fenomenele de polarizare sunt ignorate și câmpul optic este tratat scalar. În timp ce abordarea scalară poate fi destul de precisă în multe situații, totuși, abilitatea de a măsura polarizarea luminii care provine de un obiect observat furnizează detalii suplimentare care pot fi exploatate pentru îmbunătățirea performanțelor echipamentelor. Dacă lumina polarizată de la scena observată atât la intrarea în sistem, cât și la ieșirea din sistemul optic, este descrisă prin vectorii Stokes, atunci în polarimetria generalizată sistemul optic de analiză va fi descris prin intermediul matricei Mueller de ordinul patru (J. Scott Tyo, Dennis L. Goldstein, David B. Chenault, Joseph A. Shaw, "**Review of passive imaging polarimetry for remote sensing applications**", **Applied Optics, 45(22), 5453-5469,2006**):

$$[\text{Lumina la ieșire}] = [\text{Matricea Mueller}] \times [\text{Lumina la intrare}].$$

Componentele vectorului Stokes de polarizare sunt descrise de o matrice de tipul:

$$S = \begin{bmatrix} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{bmatrix} \propto \begin{bmatrix} I_0 + I_{90} \\ I_0 - I_{90} \\ I_{45} - I_{135} \\ I_L - I_R \end{bmatrix}$$

unde:  $S_0$  reprezintă intensitatea totală a fasciculului,  $S_1$  reprezintă diferența între intensitățile stărilor liniar polarizate pe orizontală (+1) și respectiv verticală (-1), și reprezintă diferența între intensitățile stărilor liniar polarizate la  $45^\circ$  (+1) și respectiv la  $135^\circ$  (-1), iar  $S_3$  desemnează diferența între intensitățile stărilor circular polarizate spre dreapta (+1) și spre stânga (-1). Uneori este suficient un singur parametru de polarizare. Pentru performanțe crescute, se folosesc însă două, trei, chiar patru componente ale vectorului Stokes de polarizare. Atunci un ASP poate asigura prelucrarea imaginilor achiziționate în patru poziții diferite ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  și  $135^\circ$ ) ale șirurilor paralele de molecule de cristal lichid de suprafață dopate cu atomi metalici (fig.2), relativ la poziția fixă a lamelei retardoare, printr-un algoritm de obținere și combinare a componentelor vectorului Stokes. Astfel, detaliile invizibile prin sistemele optice clasice sunt scoase în evidență, dacă se utilizează un asemenea ASP.

Menționam ca elemente de dificultate în fabricația și experimentarea dispozitivului optoelectronic cu metasuprafață configurabilă electric:

- obținerea de elemente metalice submicronice, chiar nanometrice, pe suprafețe plane extinse de ordinul  $\text{cm}^2$  pentru ancorarea și orientarea moleculelor de CL colesterice;
- doparea cu ioni metalici doar a moleculelor de suprafață ale CL nematic, astfel încât să se asigure o densitate de suprafață suficient de mare pentru polarizarea eficientă a radiației optice, dar totuși mică pentru a nu provoca străpungerea electrică între electrozii

# RO 132167 B1

1 structurii de suprafață. Doparea metalică face ca moleculele de suprafață să-și piardă  
2 caracterul dipolar, dar acestea vor fi totuși orientate de moleculele de CL aflate în imediata  
3 lor vecinătate prin forțele Van der Waals;

4 - cuplarea cu precizie nanometrică a metasuprafeței superlentilei în câmpul EW de  
5 la suprafața obiectului, pentru asigurarea conversiei în PW și a detecției în câmpul îndepăr-  
6 tat, unde este plasat detectorul sau observatorul.

7 Pentru obținerea de nanostructuri metalice de ancorare pe arii extinse se pot utiliza  
8 metode litografice. Litografia optică (optical lithography-OL) s-a perfecționat ca parte a tehnolo-  
9 giei pentru obținerea de microcircuite pe siliciu (Si), iar mai recent litografia nanoimprint  
10 (nanoimprint lithography-NIL) s-a impus ca o metodă de fabricație simplă la scala nano-  
11 metrică, de cost scăzut, cu productivitate ridicată și rezoluție înaltă. NIL presupune defor-  
12 marea mecanică cu o matriță a unui rezist vâscos pentru imprimarea tiparelor și apoi solidi-  
13 ficarea acestor tipare prin tratament termic sau iradierea cu UV. Este cea mai potrivită  
14 metodă pentru fabricarea MTS pe arii extinse cu detalii nanometrice. Litografia cu fascicul  
15 de electroni (electron beam lithography-EBL) sau cu fascicul focalizat de ioni (focused ion  
16 beam-FIB) sunt adecvate pentru arii restrânse cum sunt matrițele pentru NIL. Pentru  
17 cuplarea cu precizie nanometrică a superlentilei în câmpul EW se poate utiliza un scanner cu  
18 acționare piezoelectrică.

19 Limitele abordărilor actuale în domeniul de aplicare a inovației - menționăm doar  
20 următoarele limitări:

21 - noua structură permite preluarea și conversia EW din câmp apropiat în câmp  
22 îndepărtat prin introducerea suprafeței exterioare a superlentilei sau a primei structuri  
23 propuse în regiunea de penetrare limitată a EW. De exemplu, adâncimea de penetrare  
24 detectabilă a EW este de la 15 nm la 115 nm în aer, în funcție de indicii de refracție ai  
25 mediilor care se află la interfață, de unghiul de incidență, respectiv emergență a radiației pe  
26 sau de la interfața optică și de lungimea de undă (**M. Kramer, "Evanescent waves in  
27 microscopy", Photonik, 2, 2004, 42, C. Cotirlan-Simioniuc, R. V. Ghita, C. C. Negrila,  
28 C. Logofatu, „The evanescent-wave cavity ring-down spectroscopy technique applied  
29 to the investigation of thermally grown oxides on Si(100)", Appl. Phys. A, 117 (3),  
30 2014,1359-1365**);

31 - conversia EW, respectiv SW, în PW se realizează cu randament maxim doar în  
32 anumite condiții de emergență a radiației și pe o anumită bandă de frecvențe. Această bandă  
33 de frecvențe poate fi lărgită, dacă sunt utilizate materiale nerezonante cu indice mare de  
34 refracție.

35 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în obținerea rezoluției optice sub  
36 limita clasică de difracție.

37 Dispozitivul optoelectronic cu metasuprafață configurabilă electric, conform invenției,  
38 utilizează două structuri de celule cu CL pentru realizarea dispozitivului optoelectronic cu  
39 metasuprafața configurabilă electric ca ASP: prima structură de suprafață are rol de polarizor  
40 liniar, respectiv de superlentilă, iar structura de volum are rol de lamelă retardoare cu  
41 defazare controlabilă electric.

42 Structura de suprafață este alcătuită din molecule de CL fusiforme cu conducție  
43 metalică legate și aliniat de un mediu de CL nematice. Structura de volum cuprinde un  
44 mediu din CL colesterice plasate între două plăci realizate prin depunerea unui strat de oxid  
45 conductiv (ITO) și a unui strat de polimer izolator transparent în VIS+NIR. Stratul de polimer  
46 asigură izolarea electrică a straturilor metalice față de moleculele de CL. Elementele metalice  
47 sunt contactate ohmic și conectate electric la o sursă de tensiune continuă.

Fasciculul de radiație optică va aborda structura dinspre metasuprafața (MTS).

# RO 132167 B1

O picătură dintr-un mediu lichid cu indice de refracție mai mic decât al dielectricului suprapus pentru protecție pe metasuprafața va fi depusă pe obiect, pentru a se asigura adaptarea de indice de refracție dintre obiect și superlentilă. EW se propagă pe interfață, prezentând o atenuare exponențială cu distanța parcursă pe interfață și va suferi conversia în PW, care se propagă în adâncime, spre substratul optic și spre detectorul plasat în apropierea superlentilei, evadând în câmpul îndepărtat față de MTS, dacă conversia este eficientă. EW este astfel preluată prin aducerea superlentilei în câmpul apropiat al obiectului, astfel încât stratul de elemente metalice fusiforme să fie la o distanță mai mică de o lungime de undă față de suprafața obiectului. Lungimile de undă de lucru vor fi alese în funcție de caracteristicile optice ale dielectricului de protecție, ale metasuprafeței și cristalul lichid nematic. Prin variația tensiunii electrice pe structura de suprafață este modificat unghiul de orientare al moleculelor de cristal lichid și astfel este rotit corespunzător planul de polarizare liniară, ceea ce duce la ajustarea conversiei, la procesarea în timp real a detaliilor polarimetrice și informațiilor din maximele superioare de difracție, și implicit a rezoluției imaginii obținute.

Dispozitivul optoelectronic cu metasuprafața configurabilă electric are avantajul principal că rezolvă compromisurile spațio-temporale care țin de numărul componentelor vectorului Stokes detectate și de complexitatea sistemului de analiză optică. Dispozitivul propus simplifică mult sistemele imagistice, pentru că utilizează un singur canal de procesare serială cu rotirea electrică a moleculelor de pe suprafața polarizorului față de lamela retardoare și astfel face cu puțința prelucrarea fără aberații și în timp real a imaginilor achiziționate, fără componente mecanice în mișcare.

De asemenea, introduce posibilitatea conversiei EW (respectiv SW) în PW pentru valori ale unghiului de emergență mai mari decât unghiul critic pentru interfața optică plană pe un anumit domeniu spectral, în cazul de față: VIS+NIR. Se pot studia, de asemenea, contribuțiile diferitelor fenomene fizice de la interfață (difracție, amplificarea locală a rezonanțelor plasmonice pe elementele metalice ale metasuprafeței, amplificarea EW sau SW în mediile cu  $n$  negativ) la modularea reflectivității MTS, la îmbunătățirea rezoluției și contrastului unei imagini în VIS și NIR. Un alt avantaj al configurației introduse este că pierderile la cuplare sunt diminuate pentru variația unghiului de emergență a radiației de pe suprafața obiectului. Deci, optimizarea structurii electrooptice se face prin micșorarea pierderilor de informație intrinsecă din câmpul EW. Adâncimea de penetrare până la care EW este detectabilă în aer poate fi ajustată și prin variația puterii radiației.

Prezenta invenție poate fi înțeleasă din lecturarea modului detaliat de realizare descris mai jos cu titlu informativ, dar nelimitativ și prin referire la desenele anexate:

- fig. 1, ilustrează schematic structura dispozitivului optoelectronic cu metasuprafața configurabilă electric;

- fig. 2, ilustrează structura de suprafață a dispozitivului optoelectronic cu metasuprafața configurabilă electric.

Această invenție se referă la un dispozitiv electrooptic alcătuit din două structuri cu cristale lichide (CL): una de suprafață și una de volum. Aceste structuri sunt suprapuse, astfel încât suprafețele lor optice utile să fie paralele. Prima structură are nanoelemente metalice pe suprafață, constituind așa numita metasuprafață și aceste nanoelemente pot fi orientate prin aplicarea unei tensiuni electrice de control, astfel încât să îndeplinească două funcționalități:

1. Componentă de polarizare liniară cu rotirea electrică a planului de polarizare, utilă în tehnicile de imagistică polarimetrică;

# RO 132167 B1

1           2. Superlentilă plană, ultrasubțire, fără aberații cromatice și de sfericitate, capabilă  
3 să confere posibilitatea de a depăși limita clasică de difracție și să aducă rezoluția spațială  
5 (surface waves-SW) și în ordinele superioare de difracție, datorită distanței dintre  
7 nanoelementele metalice de suprafață, distanță mai mică decât lungimea de undă a luminii.

9           A doua structură, cea de volum, este o lamelă retardoare cu defazare reglabilă  
11 electric în domeniul  $0^\circ \div 180^\circ$  sau  $0 \div \lambda/2$  (fig.1). Fără aplicarea unui câmp electric orientarea  
13 cristallului lichid este stabilită de către suprafețele celulei. Orientarea poate fi ajustată prin  
15 aplicarea unui câmp electric pe fiecare celulă. De exemplu, o tensiune electrică în domeniul  
17  $0 \div 5$  V aplicată la electrozii structurii de volum, controlează unghiurile de rotație a moleculelor  
19 de CL în cadrul structurii de volum a dispozitivului.

21           Prima structură optică propusă este formată din molecule fusiforme dopate metalic  
23 constituind nanostructuri situate în planul suprafeței și atașate de molecule de cristale lichide  
25 nematice din imediata vecinătate. Aceste nanostructuri de suprafață au posibilitatea să se  
27 rotească în jurul unor axe perpendiculare pe suprafața optică plană sub acțiunea unei  
29 tensiuni electrice aplicate separat de cea de pe structura de volum, astfel încât să genereze  
31 tipare de linii punctate paralele între ele (fig.2). Pentru a doua celulă ordinea moleculelor de  
33 CL în volum e comutată de la starea răsucită la configurația izotropă. În acest mod este  
35 controlată rotația planului de polarizare a radiației care trece prin metasuprafață cu o  
37 tensiune și birefringenta mediului optic cu a doua tensiune (O. Buchnev, J. Y. Ou, M.  
39 Kaczmarek, N. I. Zheludev, V. A. Fedotov, *“Electro-optical control in a plasmonic  
41 metamaterial hybridised with a liquid-crystal cell”*, Optics Express 21(2), 1633-1638,  
43 2013).

45           Revenind la funcția de superlentilă, amintim că optica clasică nu poate exploata  
47 detaliile mai mici decât lungimea de undă, pentru că EW și respectiv SW, care conțin și  
transferă aceste detalii, se atenuează rapid pe direcția de propagare perpendiculară pe  
suprafața optică. Însă, metasuprafața optică propusă se încadrează în domeniul opticii de  
transformare, optică cu transformare arbitrară de coordonate, adică cu permitivitate electrică  
și permeabilitate magnetică neomogene și anizotrope, iar prin faptul că este plană nu  
prezintă principalele aberații care afectează optica clasică: cromatică și de sfericitate.

Dispozitivul optoelectronic este prevăzut cu o configurație bazată pe o structură **1** de  
suprafață cu cristal lichid nematic suprapusă pe o structură **3** de volum alcătuită dintr-un  
cristal lichid în fază colesterică plasat între două plăci de sticlă **2**, **4** pe care sunt depuse un  
strat de oxid conductiv transparent, nano sau microstructurat cu contactele electrice aferente,  
și un strat subțire de polimer ca izolator. Structura **1** de suprafață, prin aplicarea unei tensiuni  
electrice, realizează orientarea uniaxială a moleculelor din aceasta, obținându-se astfel  
rotirea controlată a planului de polarizare a luminii, iar structura **3** de volum, prin aplicarea  
unei tensiuni electrice, induce variația decalajului de fază pe o gamă de la  $0^\circ$ - $180^\circ$ , făcând  
posibilă optimizarea rezoluției imaginilor achiziționate.

Dispozitivul optoelectronic propus este util în realizarea de sisteme optice cu rezoluție  
sub lungimea de undă a radiației de lucru (vizibil și infrarosu apropiat: VIS+NIR), în  
microscopie, sisteme optoelectronice de imagistică pentru condiții dificile de vizibilitate, în  
navigație și sisteme de securitate.

Practic, pentru structura de suprafață moleculele de CL calamitice (fusiforme) în faza  
nematica au o orientare ordonată, ceea ce crează o anizotropie optica. Alinierea paralelă  
(uniaxială) este explicată și prin forțele Van der Waals provenite din anizotropia polariza-

bilității moleculare, la temperaturi sub o valoare critică. Când este aplicat un câmp electric între două straturi conductoare ca armaturile unui condensator, atunci moleculele se aliniază în câmpul electric. Astfel, metasuprafața propusă acționează ca polarizor liniar care rotește controlat planul de polarizare. Este necesar ca armaturile să fie transparente la radiația optică de operare doar în cazul structurii de volum. Ca superlentilă, structura de suprafață face posibilă exploatarea unei noi direcții de dezvoltare în cazul sistemelor de obținere a imaginilor cu detalii mai mici decât lungimea de undă prin cuplarea ordinelor de difracție superioare la imaginea obținută în câmp îndepărtat, pentru îmbunătățirea contrastului și formarea unei imagini de înaltă rezoluție.

Componenta de volum are nivelul de birefringenta controlat prin orientarea moleculelor de CL aflate în fază colesterică sau nematică răsucită. În aceasta fază axele moleculelor adiacente sunt rotite una față de alta, formând o elicoidă.

Cele două componente înseriate, metasuprafața ca polarizor liniar și structura de volum ca lamela retardoare cu defazare controlabilă, operează precum un analizor de stări de polarizare (ASP) pentru polarimetria imagistică. ASP este util în evidențierea detaliilor obiectelor ținta vizate în condiții departe de cele ideale.

Prezenta invenție permite ca trei funcționalități optice, respectiv de polarizor liniar, superlentila cu rezoluție dincolo de limita clasică de difracție și de lamela retardoare cu întârziere controlabilă să fie integrate într-un singur dispozitiv optoelectronic.

Structura funcțională este reprezentată în fig. 1 și 2. Tehnologia preparării unei celule de cristal lichid cuprinde următoarele etape:

- a) tăierea plăcuțelor de sticlă la dimensiunile dorite;
- b) degresarea într-o soluție de eter și alcool etilic absolut și spălarea cu apă distilată (sau curățare în baie de ultrasunete) a plăcuțelor de sticlă transparentă în domeniul spectral VIS+NIR;
- c) depunerea stratului de oxid conductiv transparent (ITO sau alt material cu proprietăți asemănătoare) și structurarea acestuia;
- d) depunerea prepolimerului lichid prin centrifugare ("spin coating");
- e) tratarea termică (coacerea) a plăcuțelor cu prepolimer în etuvă. Temperatura și durata de tratare depind de natura polimerului;
- f) asamblarea celulei (plasarea distanțorilor, prinderea cu cleme);
- g) umplerea celulelor cu CL sau cu sistemul colorant și CL. Sistemul trebuie să fie în fază izotropă, ceea ce se obține prin încălzire, iar umplerea se realizează prin capilaritate. În cazul structurii de suprafață se realizează implantarea ionică a moleculelor de suprafață și apoi plasarea unui strat dielectric de protecție a metasuprafeței;
- h) realizarea contactelor electrice pentru stratul de oxid conductiv transparent;
- i) verificarea alinierii CL (pe domenii) folosind metoda microscopiei în lumină polarizată (polarizing optical microscopy). La etapa c) structura electrozilor din oxizi conductivi transparenți în VIS+NIR de pe planul din spate al celulei de volum se poate realiza prin pulverizare catodică în sistem magnetron (RF sputtering) sau evaporare cu fascicul de electroni (e-beam) sau evaporare termică în vid (TVE) sau depunere cu laser pulsant (PLD). Apoi pe stratul metalic se depune un fotorezist sensibil la radiație UV și o mască cu negativul tiparului metalic pe care îl dorim inscripționat pe suprafața oxidului conductiv transparent. După iradierea UV, tiparul final se obține prin corodarea chimică a fotorezistului nesolidificat și a stratului de oxid conductiv transparent aflat sub acesta. Pentru detalii nanometrice este recomandată litografia nanoimprint (NIL) aplicată în conformitate cu descrierea din referința (Torres C.M.S., „*Nanoimprint lithography: an alternative nanofabrication approach*”, *Materials Science and Engineering: C*, 23(1-2), 2003, 23-31). Pentru domeniul NIR

# RO 132167 B1

1 dimensiunile detaliilor metalice sunt mai mari, respectiv de ordinul  $\lambda/10$ . La această scala  
3 submicrometrică încă se poate aplica litografia optică convențională cu lungimi de undă în  
5 UV și anumite condiții tehnologice speciale, care a fost perfecționată pentru industria micro-  
electronică pe Si sau Ge. În final se realizează contactele electrice ohmice pe stratul de oxid  
conductiv transparent și sistemul poate fi testat optic cu o camera CCD pentru VIS și NIR.

7 Aplicațiile posibile ale dispozitivului electrooptic propus sunt în domeniul cuptoarelor  
9 optoelectronice cu plasmoni de suprafață și microscopie sau în sporirea vizibilității în condiții  
11 dificile de detecție prin imagistică polarimetrică. În acest ultim caz, noua soluție constructivă  
permite fabricarea și implementarea rapidă a unui sistem optic de volum redus, fără aberații,  
cu superrezoluție, în instrumente portabile fără piese mecanice în mișcare, cu scopul de a  
reduce prețul prohibitiv al acestui gen de echipamente de imagistică.



# RO 132167 B1

## Revendicări

- |   |                  |
|---|------------------|
|   | 1                |
| 1. Dispozitiv optoelectronic cu metasuprafață configurabilă electric pentru controlul polarizării luminii, <b>caracterizat prin aceea că</b> , în vederea obținerii rezoluției optice sub limita clasică de difracție, este prevăzut cu o configurație bazată pe o structură (1) de suprafață cu cristal lichid nematic suprapusă pe o structură (3) de volum alcătuită dintr-un cristal lichid în fază colesterică plasat între două plăci de sticlă (2, 4) pe care sunt depuse un strat de oxid conductiv transparent, nano sau microstructurat cu contactele electrice aferente, și un strat subțire de polimer ca izolator. | 3<br>5<br>7<br>9 |
| 2. Dispozitiv conform revendicării 1, <b>caracterizat prin aceea că</b> structura (1) de suprafață, prin aplicarea unei tensiuni electrice, realizează orientarea uniaxială a moleculelor din aceasta, obținându-se astfel rotirea controlată a planului de polarizare a luminii.   | 11               |
| 3. Dispozitiv conform revendicării 1, <b>caracterizat prin aceea că</b> structura (3) de volum, prin aplicarea unei tensiuni electrice, induce variația decalajului de fază pe o gamă de la 0°-180°, făcând posibilă optimizarea rezoluției imaginilor achiziționate.   | 13<br>15         |

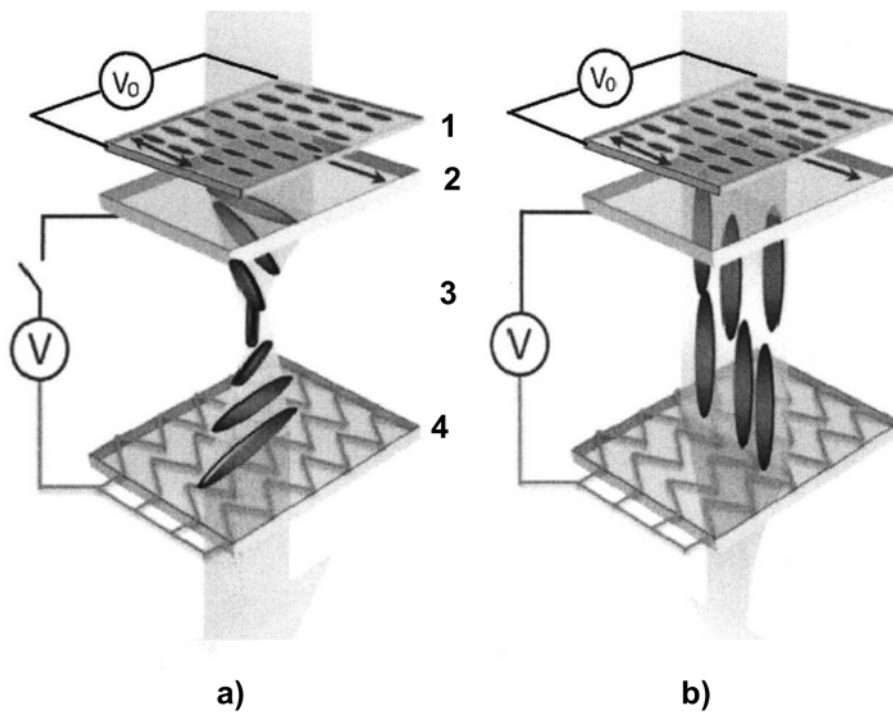


Fig. 1

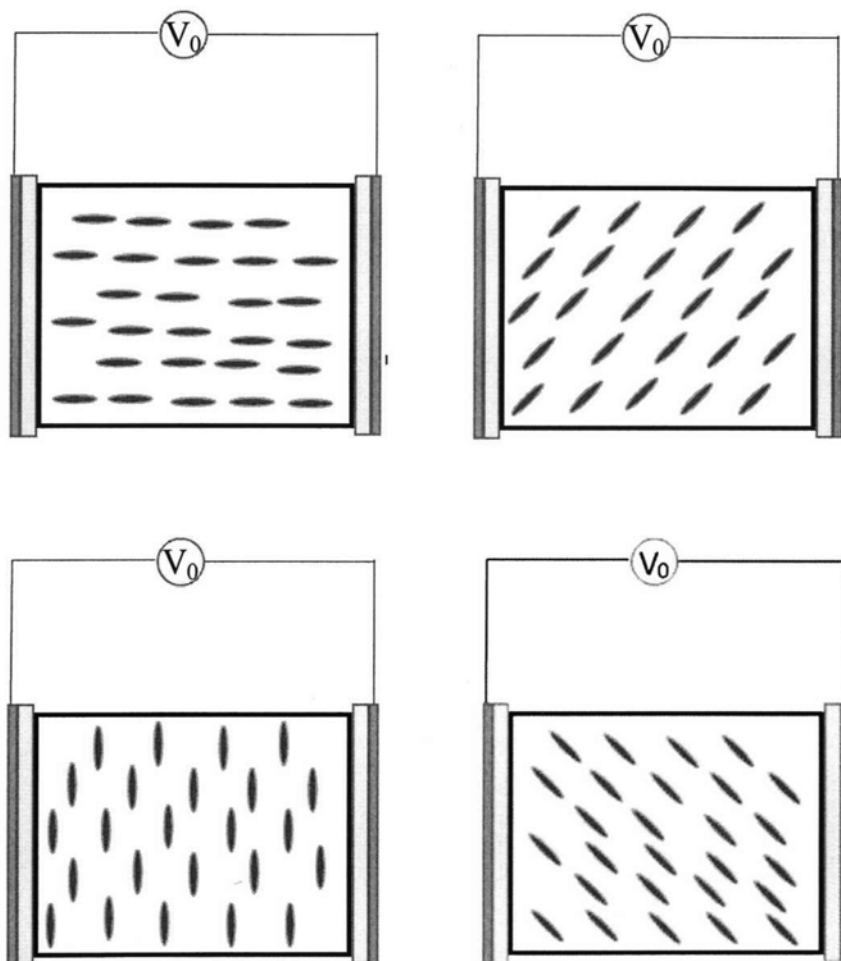


Fig. 2

