

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00386

(22) Data de depozit: 06/07/2020

(41) Data publicării cererii:
28/01/2022 BOPI nr. 1/2022

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA MATERIALELOR,
STR. ATOMIȘTILOR NR. 405A,
MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:
• COTÎRLAN-SIMIONIUC COSTEL,
CALEA FERENTARI NR. 72, BL. 7C, SC. B,
AP. 13, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO

(54) SUPERLENTILĂ CU METASUPRAFAȚĂ CONTROLATĂ
ELECTRIC PENTRU MODIFICAREA CONTINUĂ A DIRECȚIEI
SAU FOCALIZĂRII FASCICULULUI OPTIC REFRACTAT

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o superlentilă cu metasuprafață controlată electric pentru modificarea continuă a direcției sau focalizării fascicului optic refractat. Superlentița conform invenției este alcătuită dintr-un substrat (1) dielectric plan, transparent optic, pe care sunt depuse succesiv: un strat (3) continuu de aur cu grosimea de 20 nm pentru contactul (2) electric de polaritate pozitivă, un strat (4) izolator de SiO₂ cu grosimea de 100 nm, un strat (5) semiconductor nedegenerat de tip n din ITO cu grosimea de 300 nm, o suprafață configurată din elemente (11) dreptunghiulare paralele din aur, cu grosimea de 30 nm, având rol de nanoantene plasmonice, dispuse radial pe toată suprafața substratului optic, cu o perioadă de 10 elemente, și patru contacte (7...10) din aur de forma unor benzi sectoriale, cu deschidere unghiulară de aproximativ 90 de grade pentru potențiale negative care permit, prin aplicarea unor tensiuni electrice de maximum 2.5V între contactul (2) electric de polaritate pozitivă și contactele (7...10) de polaritate negativă, modularea confinării locale a câmpului electromagnetic și a raportului de conversie a undelor evanescente în unde de propagare, în scopul obținerii unei rezoluții optice sub limita de difracție, fără aberațiile optice clasice în domeniul vizibil.

Revendicări: 2
Figuri: 2

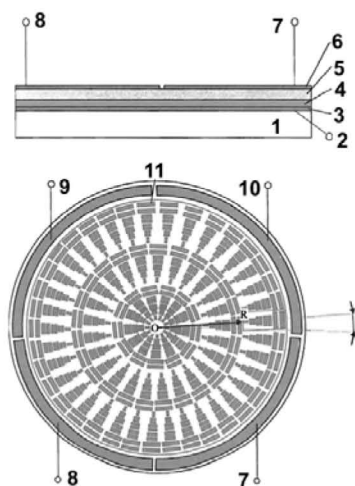


Fig. 1

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).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI Cerere de brevet de invenție Nr. 22 00 386 Data depozit 06-07-2020
--

39

**Superlentilă cu metasuprafață controlată electric pentru modificarea continuă a direcției
sau focalizării fasciculului optic refractat**

Descriere

DOMENIUL TEHNIC

Inventia se refera la realizarea unei superlentile electrooptice, care ofera posibilitatea modificarea continue a direcției sau focalizării fasciculului optic refractat prin controlul electric al parametrilor structurii de tip metasuprafața plasmonica pe orizontala si metal-oxid-semiconductor (MOS) pe verticala.

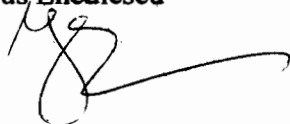
Este o superlentilă pentru ca permite obtinerea unei rezolutii optice mai bune decat lungimea de unda centrala din domeniul vizibil, respectiv 555 nm, prin conversia detaliilor optice continute in undele evanescente (EW) in unde de propagare (PW). EW se propaga doar în câmpul apropiat al probei studiate, iar PW se propaga transversal pe proba si sunt colectate apoi în câmp indepartat printr-un obiectiv optic adecvat.

Originalitatea abordării propuse se bazează pe implementarea suprafeței nanostructurate cu proprietăți plasmonice si raport de conversie EW/ PW controlabile, respectiv indice de refractie modulat prin tensiuni electrice aplicate.

Metasuprafața este un strat de interfata cu grosime mai mica decat lungimea de unda si nanostructuri functionale dispuse regulat pe interfata la distante sub lungimea de unda, pentru a se obtine modificari de faza discrete. Nanostructurile sau nanoantenele din Au sunt de forma dreptunghiulara si asigura rezonantele plasmonice localizate pe suprafața superlentilei.

Atributul de activa desemneaza posibilitatea controlului proprietatilor optice prin semnale externe, in acest caz patru tensiuni electrice aplicate pe contactele structurii MOS, adica aur (Au)-dioxid de siliciu (SiO₂)- semiconductorul oxid de indiu dopat cu staniu (ITO). ITO poate trece de la un semiconductor cu banda interzisa larga de 3,5÷4,3 eV la un conductor optic transparent prin cresterea doparii cu Sn si controlul vacantelor de oxigen, deci de la starea de semiconductor nedegenerat la cea de semiconductor degenerat [Yu Z. *et al.*, NPG Asia Mater 8, e305 (2016), K.-F. Berggren *et al.*, Physical Review B 30(6), 3240, 1984]. Stratul de ITO nedegenerat este util in realizarea superlentilei cu superrezolutie, pe cand stratul ITO degenerat este util in realizarea controlului directiei si focalizarii fasciculului refractat.

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu



Dr. Costel Cotîrlan-Simioniuc



Directia fasciculului optic refractat poate fi dirijata aplicand tensiuni diferite pe cele patru contacte ale metasuprafetei, deci asimetric fata de directia fasciculului, iar focalizarea este controlata prin aplicarea unor tensiuni egale pe contacte.

Cand sunt aplicate tensiuni electrice continue reglabile pe contactele structurii superlentilei electrooptice, sunt modulati urmatoorii parametri: densitatea purtătorilor de sarcină, permitivitatea electrică, benzile de conductie si de valenta in semiconductorul ITO si izolator, mai ales indicele de refractie la jonctiunea semiconductor-oxid cu aproape o unitate pentru focalizarea fasciculului [Feigenbaum E. *et al.*, Nano Lett. 10, 2111, 2010], variatia continua a amplitudinii, fazei si polarizarii fasciculului refractat prin superlentila.

Straturile de Au sunt suficient de subtiri pentru a asigura transparenta structurii in domeniul vizibil: 380÷720 nm. Pentru o grosime de 20 nm stratul continuu de Au pentru contactul de baza este semitransparent pentru lungimea de unda centrala a domeniului spectral.

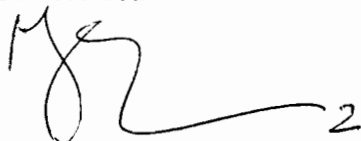
Confinarea campului electric pe elementele plasmonice structurate pe suprafata lentilei si controlul nivelul Fermi in stratul de Au subtire, care asigura contactul pentru polaritatea electrică pozitivă, permit obtinerea unor rezoluții optice spatiale si respectiv spectrale mai mici decat lungimea de undă de operare pe domenii spectrale extinse.

Superlentila cu metasuprafată activă va fi denumită in continuare A-MTS.

Interacțiunile puternice între lumină și materie au două consecințe importante: lumina poate fi limitată într-o zonă mai mică decât limita de difracție, iar intensitatea campului electromagnetic local poate fi îmbunătățită cu multe ordine de mărime pentru măsurări spectrale.

Consecințele deschid un orizont larg de aplicații materialelor funcționale pentru microscopie, sisteme de detectie cu limita îmbunătățita de rezonante plasmonice de suprafata localizate, de ex. senzori pentru detectia poluanților atmosferici la nivel de ppb și reducerea dimensiunii senzorilor cu A-MTS utilizabili de ex. pentru imagistica clinica cu imunofluorescenta sau pentru ecrane de protectie la radiatii electromagnetice perturbatoare în sisteme de telecomunicatii mobile.

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu



Dr. Costel Cotîrlan-Simioniuc



Elementele de dificultate în fabricația și experimentarea superlentilei

Mentionam următoarele elemente de dificultate:

- obținerea de elemente metalice nanometrice dispuse regulat pe suprafețe plane extinse de ordinul cm^2 pentru metasuprafața plasmonică activă. Metodele de nanolitografie utilizate în prezent pentru nanostructurare sunt laborioase, lente și costisitoare. Litografia optică s-a perfecționat ca parte a tehnologiei pentru obținerea de microcircuite pe siliciu (Si), dar mai recent litografia nanoimprint (nanoimprint lithography-NIL) s-a impus ca o metodă de fabricație simplă la scala nanometrică, de cost relativ scăzut, cu productivitate ridicată și rezoluție înaltă. NIL presupune deformarea mecanică cu o matrită cu detalii nanometrice a unui rezist vascos pentru imprimarea tiparelor și apoi solidificarea acestor tipare prin tratament termic sau iradierea cu UV. Este cea mai potrivită metodă pentru fabricarea A-MTS pe arii extinse cu detalii nanometrice. Litografia cu fascicul de electroni (electron beam lithography-EBL) sau cu fascicul focalizat de ioni (focused ion beam-FIB) sunt adecvate pentru arii restrânse cum sunt matritele pentru NIL, când se utilizează o tehnologie cu un electronerezist;
- cuplarea cu precizie nanometrică a metasuprafeței superlentilei în câmpul EW de la suprafața probei de studiat, pentru asigurarea conversiei EW în PW și a detecției în câmpul îndepărtat unde este plasat detectorul, necesită utilizarea unui scanner de poziționare cu acționare piezoelectrică.

Limitele abordărilor actuale în domeniul de aplicare a inovației

Superlentila activă propusă permite depășirea următoarelor limitări:

1. Limita clasică de difracție pentru senzori spectrali și imagistici;
2. Limitele spațiale definite prin dimensiunile încă mari ale opticii clasice pentru corectarea tuturor tipurilor de aberații, în lumina monocromatică intervin: aberația sferică, astigmatismul, curbarea imaginii la margini, coma, distorsiunea, iar pentru lumina policromatică intervin suplimentar aberația cromatică și culoarea laterală. A-MTS este plană, fără aberațiile optice clasice și permite reducerea dimensiunilor senzorilor spectrali și imagistici prin integrarea superlentilei pe senzori în cadrul unor sisteme compacte, de ex. pentru screening controlat. Prezența A-MTS în câmpul apropiat al probei analizate va oferi posibilitatea de a prelua prin metasuprafața plasmonică detalii

Director General INCDFM
Dr. Ionuț Marius Enculescu



Dr. Costel Cotîrlan-Simioniuc



optice continute in EW, detalii mai mici decat radiatia din domeniul vizibil, apoi conversia si transferul acestora in PW catre detectorul spectral sau imagistic;

3. Configurația electrooptica propusa poate fi integrata compact in telefoane mobile moderne ca ecrane de protecție la radiații electromagnetice in dreptul antenelor incorporate.

EXPUNEREA INVENTIEI

Prezenta invenție este o structură de superlentilă activă de tip metasuprafata plasmonica pe orizontala si de tip metal-oxid-semiconductor (MOS) pe verticala conform Fig. 1.

Pe verticala structura MOS este depusa pe substratul dielectric (1) transparent in vizibil, de exemplu BK7, si este alcatuita din stratul de Au de 20 nm (3) cu contactul electric de la borna pozitiva (2), stratul izolator (4) de dioxid de siliciu (SiO_2) cu grosimea de 100 nm, stratul semiconductor (5) de ITO cu grosimea de 300 nm si cele 4 contacte de forma benzilor sectoriale (6) cu deschiderea unghiulara de aproape 90 grade din Au cu grosimea de 30 nm. Contactul (2) este conectat la o sursa de tensiune continua reglabila. Tensiunile de lucru sunt in jurul punctului central de operare de 2,5 V. Contactele pentru potentialele negative de la (7) la (10) sunt structurate prin acelasi procedeu de nanolitografie ca si nanoantenele dreptunghiulare (11) de Au cu grosimea de 30 nm de pe metasuprafata.

Aceste nanoantene sunt dispuse circular pe mai multe circumferinte concentrice intre cele 4 contacte pentru potentiale negative. Dimensiunile nanoantenelor se stabilesc in functie de domeniul spectral de operare. Detaliile geometrice pentru nanoantenele plasmonice din cadrul unei perioade ($L_y \times L_x$) de pe metasuprafata sunt date astfel: $L_x = \sqrt{2} \lambda_c$, $L_y = \sqrt{2} \lambda_c / 4$, unde λ_c este lungimea de unda centrala in vizibil, x si d sunt constante, $d \approx x/3$, iar latimea x, respectiv lungimile y_i sunt deduse dupa Legea Snell-Descartes generalizata [din ref. S. Sun *et al.*, Nano Lett. 12, 6223–6229, 2012], unde de exemplu, $x=72$ nm, $y_i=26, 26, 69, 69, 84, 84, 98, 98, 170$ si 170 nm pentru $\lambda_c=555$ nm, $h=0,066\lambda_c$, iar h este inaltimea nanoantenei, conform [M. Kang *et al.*, Optics Express, 20(14) 15882-15890, 2012 si S. L. Wadsworth, P. G. Clem, E. D. Branson, G. D. Boreman, Optical Materials Express, 1(3) 466-479, 2011]. Dupa structurarea elementelor dreptunghiulare pe suprafata superlentilei se pot depune straturi antireflex pentru vizibil. Straturile de Au sunt suficient de subtiri pentru a asigura transparenta structurii in domeniul vizibil.

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu



Dr. Costel Cotîrlan-Simioniuc



Nanoantene plasmonice din Au sunt dispuse radial cu o perioada de 10 elemente ca in Fig.2, pentru a acoperi toată suprafata superlentei. Aceste elemente sunt aranjate intr-o ordine descrescatoare ca marime pornind de la periferie spre centru, astfel incat sa produca conversia undelor (12) de tip EW in unde (13) de tip PW si focalizarea acestora in camp indepartat conform Fig.2. Nanoantenele de aceeași marime din perioadele dispuse radial, se regasesc pe o aceeași circumferinta. Dispunerea perioadelor de 10 elemente se face in coordonate polare (θ, R), numarul perioadelor de nanoantene fiind intr-o progresie aritmetica cu ratia 12 de la o circumferinta la cea imediat exterioara, astfel: 13, 25, 37, 49, ..., in functie de suprafata totala dorita pentru superlenta.

Daca in cadrul unei perioade a elementelor plasmonice (Fig. 2) este o evolutie gradata a indicelui complex de refractie pentru metasuprafata si a fazei de unda, totusi la trecerea de la o perioada la alta faza sufera un salt de la 180° la -180° [ref. S. Sun, Q. He, S. Xiao, Q. Xu, X. Li, L. Zhou, „Gradient-index meta-surfaces as a bridge linking propagating waves and surface waves”, Nature Materials, 11, 2012, 426–431].

Controlul proprietatilor optice se face prin aplicarea unor diferente de potential electric sau tensiuni reglabile continuu intre contactele numerotate cu (2) si de la (7) la (10). Daca sunt aplicate tensiuni egale (modul simetric de operare), atunci este variata distanta focala a superlentei, daca sunt tensiuni diferite intre contactele de la (7) la (10) si contactul de baza (2), atunci este deviata directia fascicului optic refractat de superlenta (modul asimetric de operare).

Acordabilitatea rezonantelor plasmonice pe substrat poate fi realizata si prin controlul distantelor dintre elementele plasmonice de pe metasuprafata. Astfel structura propusa este si un modulator de fază cu indice de refractie controlabil. Insa, functiile superlentei sunt de conversie si focalizare a EW din camp apropiat in PW in camp indepartat, atunci cand este plasata cu structura de suprafata, adica cu interfata pe care sunt structurate antenele plasmonice, in campul apropiat al obiectului de observat, adica la mai putin de o lungime de unda de interfață.

Adâncimea de penetrare a undelor EW în mediul cu indicele de refracție mai mic in camp apropiat este maxima la valoarea critică a unghiului de incidentă a fascicului optic, când apare

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu

Dr. Costel Cotirlan-Simioniuc

fenomenul de reflexie interna totala. Adâncimea de penetrare scade odată cu creșterea unghiului de incidenta a fasciculelor de lumina pe suprafata A-MTS.

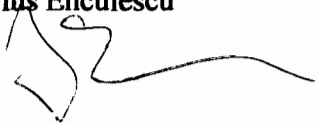
Undele PW sunt detectate dupa trecerea lor prin substratul superlentei, deci pe partea opusa a A-MTS. ITO este un semiconductor de tip n, care la o concentratie mare de vacante de oxigen si la dopari puternice interstitiale de $10^{19} \div 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ cu Sn ajunge semiconductor degenerat, deci un bun conductor, transparent in vizibil si infrarosul apropiat. Cu cat este mai degenerat acest strat de ITO, cu atat plasmonii isi pierd localizarea in nanostructurile de pe metasuprafata si se disipa in volumul stratului de ITO, iar metasuprafata isi diminueaza proprietatile de confinare a campului electromagnetic si de imbunatatire a rezolutiei optice finale. Prin disiparea purtatorilor de sarcina in volumul stratului de ITO structura se comporta ca un ghid de unda metal-izolator-metal (MIM) util in dirijarea directiei fasciculului optic, respectiv focalizare controlata, dar isi pierde rezolutia optica. Deci, pentru fabricarea structurii trebuie aleasa de la inceput doparea stratului de ITO in functie de aplicatie: superrezolutie optica sau controlul electric al directiei si focalizarii.

Conversia EW in PW pentru aplicatii de microscopie optica

Metasuprafata superlentei este adusa cu precizie nanometrica in campul apropiat al probei de studiat, pentru asigurarea conversiei EW in PW si a detectiei undelor transferate in campul indepartat, unde este plasat detectorul. Pentru aceasta este necesara utilizarea unui scanner de pozitionare cu actionare piezoelectrica. Adaptarea indicilor de refractie intre proba de studiat si A-MTS, respectiv intre A-MTS si obiectivul optic al microscopului sau al camerei sistemului de inregistrare a imaginilor se realizeaza cu lichide optice, de ex. de la Chargille Laboratories.

Rezolutiile spectrale si spatiale superioare pentru spectroscopie și imagistică se obtin datorita confinarii extreme a radiatiilor optice pe nanostructurile de suprafata din Au, respectiv prin interactiunea dintre lumina, plasmonii (oscilatii colective ale electronilor) de suprafata și moleculele probei analizate. Localizarea plasmonilor pe elemente metalice cu dimensiuni nanometrice din Au, asa cum este in cazul acestei inovatii, amplifica rezonantele plasmonice, imbunatatind cuplarea optica dintre moleculele probei si electronii din elementele metalice.

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu



Dr. Costel Cotirlan-Simioniuc



Raportul de conversie PW / EW reglabil prin controlul tensiunii aplicate pe o structura plana la fel cu a superlentei este util pentru protecția împotriva radiațiilor EMF, pentru ca radiația microundelor PW este convertită în radiație EW și disipată rapid pe metasuprafața [S. Sun *et al.*, Nature Materials, 11, 426–431, 2012].

AVANTAJELE INVENTIEI

Beneficiile potențiale sunt:

- dezvoltarea de A-MTS cu raportul de conversie controlat (EW) în undă de propagare (PW) pentru imagistică, realitate augmentată sau pentru protecție sporită împotriva radiațiilor electromagnetice în dispozitive portabile;
- adaptarea A-MTS ca metasuprafața activă pentru dirijarea fasciculelor de radiație electromagnetică către senzori spectroscopici, bioelectronică, bionică, senzori biodegradabili, bioluminescență.

Metasuprafața controlată electric fabricată ca o structură plană MOS permite controlul parametrilor ca densitatea de purtători de sarcină în stratul de acumulare de la jonctiunea dintre materialul activ (ITO) și izolator (SiO_2), permitivitate, indice de refracție la interfața semiconductor/izolator, pentru realizarea confinării câmpului electromagnetic în vederea sporirii rezoluției optice (cazul ITO nedegenerat) sau controlul direcției și focalizării fascicului refractat prin structura electrooptica (cazul ITO degenerat) prin aplicarea asimetrică, respectiv simetrică a potențialelor electrice pe cele cinci contacte ale structurii.

PREZENTAREA SUMARA A FIGURILOR

Fig. 1 Reprezentarea schematică a configurației superlentei electrooptice

Fig. 2 Reprezentarea perioadei de elemente plasmonice, a propagării EW și PW, respectiv conversiei EW în PW

PREZENTAREA ÎN DETALIU UN MOD UNUI DE REALIZARE A INVENTIEI

Primul strat subțire de Au cu grosimea de 20 nm (Fig.1, 2) este depus prin evaporare termică rapidă în vid pe substratul optic din BK7, apoi straturile de SiO_2 de 100 nm și ITO de 300

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu



Dr. Costel Cotîrlan-Simioniuc



32

nm sunt depuse prin metoda magnetron sputtering sau evaporare directionala cu fascicul de electroni.

Prin litografie cu fascicul de electroni (EBL) este realizata o matrita transparenta in UV cu un tipar unghiular corespunzator unui sector de disc cu 2 perioade pe prima circumferinta, 3 perioade pe a doua si respectiv 4 perioade pe a treia circumferinta. Pentru realizarea expunerilor litografice cu fascicul de electroni poate fi utilizata o instalatie de litografie electronica (EBL-SEM). Tiparul matritei conform Fig. 1 poate fi proiectat cu ajutorul unui soft aferent si implementat practic prin scanare vectoriala.

Cu matrita obtinuta se realizeaza litografia nanoimprint (NIL) pentru obtinerea metasuprafetei de arie mare. Pe stratul de ITO se aplica prin spinning un fotorezist pozitiv cu vascozitate adecvata. Apoi se aplica in mod repetat matrita pe aria superlentei si se expune la radiatii UV pentru polimerizarea fotorezistului. Urmeaza un scurt tratament termic pentru uscarea fotorezistului.

Apoi se realizeaza dezvoltarea polimerului iradiat intr-un amestec 3:1 IPA:MIBK (trei parti de alcool izopropilic si o parte izobutilcetona) timp de 45 sec. Urmeaza depunerea de Au evaporarea cu fascicul de electroni si procedura lift-off, cand intr-un solvent este indepartat fotorezistul expus cu tot cu metalul depus pe el, pe structura ramanand doar formatiunile metalice conform Fig. 1.

Analiza suprafetelor Au nanostructurate si nestructurate va fi asigurata prin microscopie electronica cu transmisie de inalta rezolutie (HRTEM) pentru caracterizare structurala. A-MTS poate fi caracterizata cu un sistem de analiza a rezonantelor plasmonice de suprafata.

MODUL IN CARE INVENTIA POATE FI APLICATA INDUSTRIAL

Inventia poate fi implementata pentru microscopie in vizibil sau intr-un senzor plasmonic pentru imunofluorescenta cu integrarea controlului activ pe interfata A-MTS pentru esantionarea in profunzime a regiunii de adsorbtie optice a probei de analizat. Solutia propusa permite eliminarea aberatiilor optice clasice in sistemele de imagistica sau spectrale in cazul stratului de ITO nedegenerat. Functiile spatiale si spectrale imbunatate sunt posibile datorita interactiunilor puternice intre lumina si materie pe metasuprafata componentei optice. Superlenta A-MTS ofera posibilitatea de a caracteriza probe biologice, cum ar fi celulele, oferind o locazare precisa a

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu



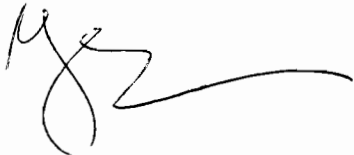
Dr. Costel Cotirlan-Simioniuc



țintelor în funcție de limitarea câmpului optic și conversia EW în PW. Poate echipa instrumente mobile cu senzori cu A-MTS integrate în platforme de spectroscopie și imagistică cu arhitectura deschisă și modulară pentru bioanalize și monitorizare în teren.

De asemenea, poate fi implementată pentru o protecție sporită împotriva câmpurilor electromagnetice emise (EMF) de telefoane mobile sub formă de ecrane pentru zonele în care sunt implementate antenele interioare. Un dispozitiv portabil precum GQ EMF-390 contor portabil multifuncțional EMF și analizor de radiofrecvență poate fi utilizat pentru detectarea, monitorizarea radiațiilor EMF în medii de operare reale.

Director General INCDFM
Dr. Ionuț Marius Enculescu



Dr. Costel Cotîrlan-Simioniuc



Revendicări

1. Superlentilă cu metasuprafață controlată electric pentru modificarea continuă a direcției sau focalizării fasciculului optic refractat, caracterizată prin faptul că este alcătuită conform Fig.1 dintr-un substrat dielectric plan (1), optic transparent, pe care sunt depuse succesiv un strat continuu (3) de Au cu grosimea de 20 nm pentru contactul electric de polaritate pozitivă (2), un strat izolator (4) de SiO₂ cu grosimea de 100 nm, un strat semiconductor nedegenerat (5) de tip n de ITO cu grosimea de 300 nm, o suprafață configurată din elemente dreptunghiulare paralele (11) din aur cu grosimea de 30 nm, având rol de nanoantene plasmonice, dispuse radial pe toată suprafața substratului optic, cu o perioadă de 10 elemente, în cadrul unei perioade elementele cu lungimea mai mare fiind plasate către exterior și patru contacte din aur de forma unor benzi sectoriale (7)÷(10) cu deschiderea unghiulară de aproape 90 grade pentru potențiale negative, care permit prin aplicarea unor tensiuni electrice de maxim 2,5 V între contactele (1) și (7)÷(10) modularea confinării locale a câmpului electromagnetic și a raportului de conversie a undelor evanescente în unde de propagare în scopul obținerii unei rezoluții optice sub limita de difracție, fără aberațiile optice clasice în domeniul vizibil.

2. Superlentilă cu metasuprafață controlată electric pentru modificarea continuă a direcției sau focalizării fasciculului optic refractat conform revendicării 1, caracterizată prin faptul că prin înlocuirea stratului semiconductor nedegenerat de ITO (5) de tip n cu un strat degenerat de ITO de aceeași grosime de 300 nm se obține la joncțiunea dintre semiconductor și stratul izolator de SiO₂ un strat de acumulare de electroni prin aplicarea tensiunilor pe contactele (1) și (7)÷(10), iar prin asimetria sau simetria potențialelor aplicate pe contacte se modifică continuu direcția sau respectiv focalizarea fasciculului refractat prin structura electrooptica.

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu



Dr. Costel Cotîrlan-Simioniuc



Figuri

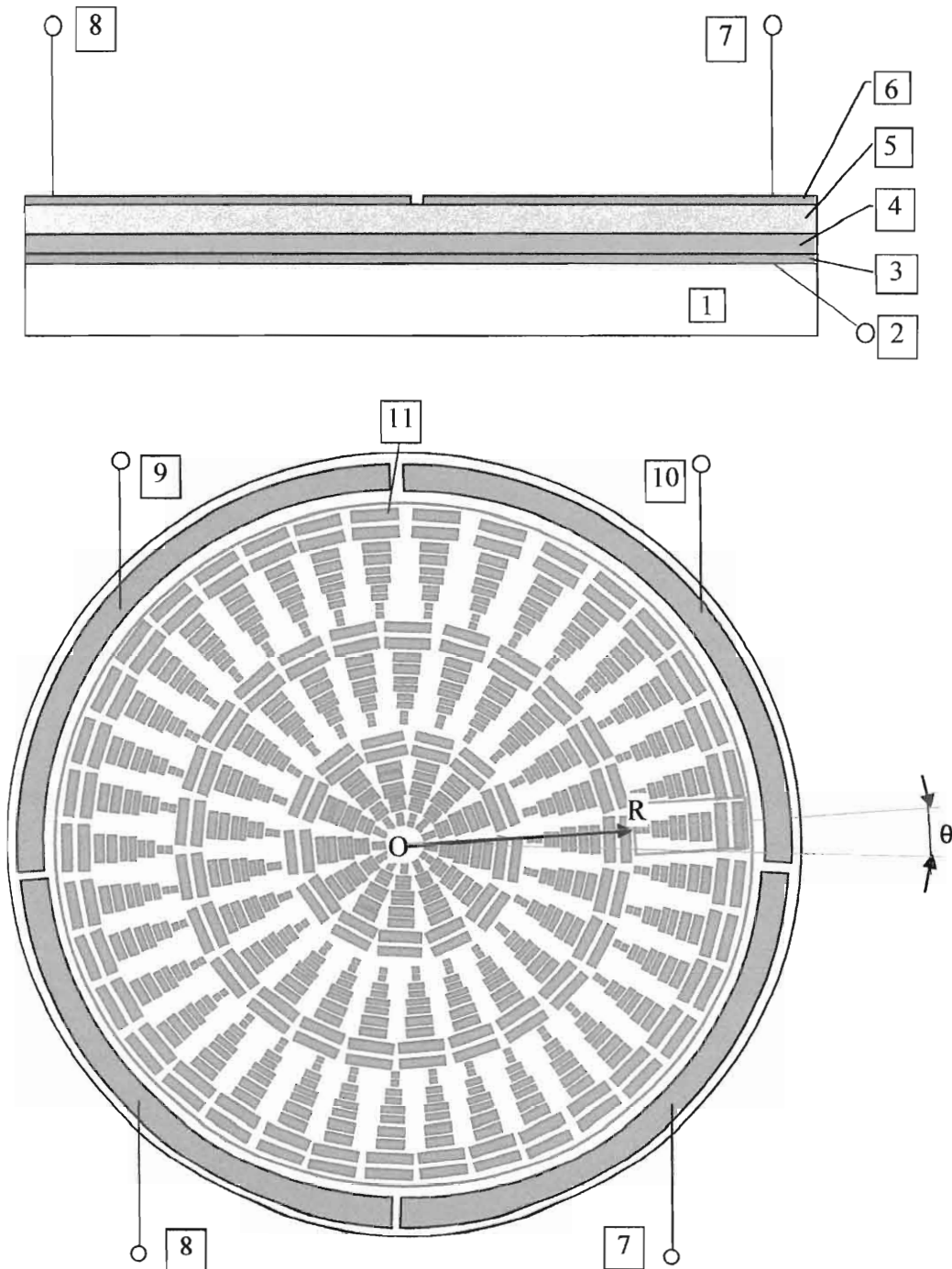


Fig. 1 Reprezentarea schematica a configuratiei superlentilei electrooptice

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu

Dr. Costel Cotirlan-Simioniuc

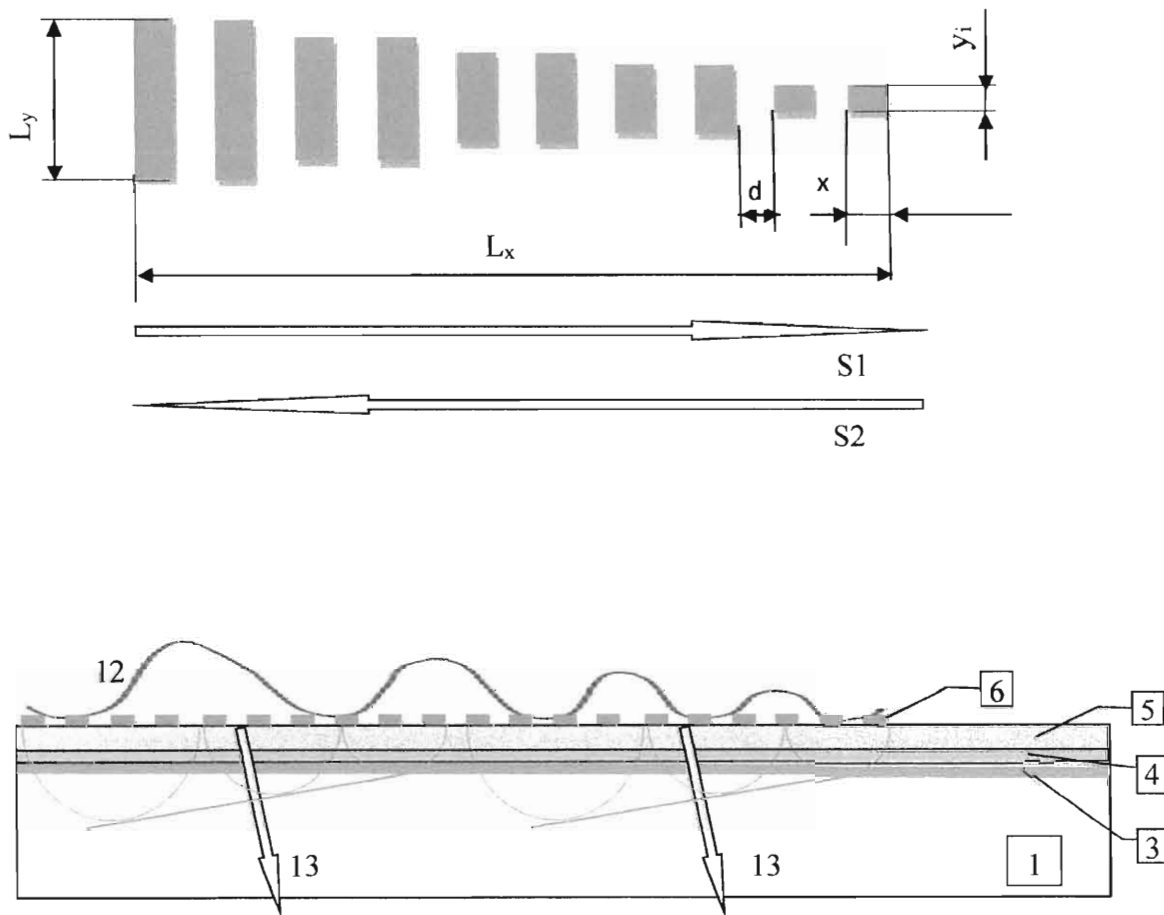


Fig. 2 Reprezentarea perioadei de elemente plasmonice, a propagării EW și PW, respectiv conversiei EW în PW în sensul S1 sau conversia inversă PW în EW în sensul S2

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu

Dr. Costel Cotîrlan-Simioniuc