

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2021 00156

(22) Data de depozit: 05/04/2021

(41) Data publicării cererii:
28/10/2022 BOPI nr. 10/2022

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA MATERIALELOR,
STR. ATOMIȘTIILOR 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) METASUPRAFETE INTEGRATE ÎNTR-O STRUCTURĂ
ACTIVĂ COMPACTĂ PENTRU CONTROLUL POLARIZĂRII
ȘI MĂRII IMAGINILOR FĂRĂ ABERAȚII OPTICE,
UTILIZÂND CRISTALE PIEZOELECTRICE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o structură activă, compactă, obținută prin integrarea a două metasuprafețe plane cu funcționalități diferite pe cristale piezoelectrice, pentru controlul polarizării și al măririi imaginilor, fără a introduce aberații optice. Structura conform invenției cuprinde două metasuprafețe (2 și 9) structurate prin metode litografice pe niște substraturi (1 și 8) plane, transparente în domeniul vizibil, în care prima metasuprafață (9), având rol de lamelă retardoare, realizează defazajul constant de $\pi/2$ pentru stări de polarizare liniare ortogonale prin antene plasmonice sub formă de potcoavă pătrată, cu axele optice rotite între ele cu un unghi relativ de 180° , în cadrul unei celule unitare de dimensiune D, formată de două antene rezonatoare, cu celulele dispuse în șiruri paralele pe suprafață, iar cea de-a doua metasuprafață (2), având rol de polarizor cu posibilitate de a controla continuu stările de polarizare liniară și circulară, este fabricată pe substratul (1) dielectric plan cu elemente rezonatoare dreptunghiulare dispuse radial pe toată suprafața substratului optic, între patru cristale (3) piezoelectrice, cu o perioadă de 10 elemente, iar în cadrul unei perioade, elementele cu lungime mai mare fiind plasate

către exterior între contacte din aur, de forma unor benzi (6 și 11) sectoriale, pentru potențiale individuale aplicate cristalelor (3) piezoelectrice, iar potențialul comun fiind aplicat pe niște contacte (4, 5, 7 și 12) astfel încât să se asigure mobilitatea unghiulară a primei metasuprafețe (9) pe niște elemente (10) elastice.

Revendicări: 2
Figuri: 8

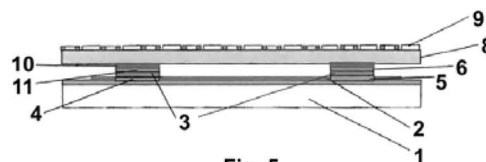


Fig. 5



| | |
|--|---------------|
| OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI | |
| Cerere de brevet de invenție | |
| Nr. | a 2021 de 156 |
| Data depozitului ..05..-04-2021.... | |

49

Metasuprafețe integrate într-o structură activă compactă pentru controlul polarizării și mării imaginilor fără aberații optice, utilizând cristale piezoelectrice

Domeniul tehnic

Prezenta invenție se referă la o structură activă compactă obținută prin integrarea a două metasuprafețe (MTS) plane cu funcționalități diferite pe cristale piezoelectrice, pentru controlul polarizării și al mării imaginilor în domeniul spectral $400 \div 750$ nm.

Prima interfață a structurii, poziționată spre obiectul observat, este o metasuprafață (MTS1) realizată ca o lamelă retardoare în sfert de undă plasată pe cristale piezoelectrice pentru mobilitate unghiulară, iar a doua metasuprafață (MTS2) este fixă și introduce o polarizare circulară.

Gruparea serială a celor două MTS constituie un analizor de stări de polarizare specific imagisticii polarimetrice.

Controlul unghiului dintre cele două MTS este realizat prin aplicarea a patru diferențe de potențial pe cele patru cristale piezoelectrice suport pentru MTS1 și conferă un caracter activ structurii.

MTS sunt o clasă de materiale compozite bidimensionale cu structură ordonată, care interacționează anizotrop sau izotrop cu radiația electromagnetică în moduri neobservate în mod natural prin intermediul formațiunilor structurate pe interfețe. Aceste formațiuni sunt numite antene rezonante, au dimensiuni mai mici decât lungimea de undă de operare, sunt distribuite regulat pe substratul optic și introduc proprietăți diferite față de materialul substratului.

Dacă antenele au caracter metalic sau semimetalic, atunci MTS sunt desemnate ca plasmonice, adică interfețe în care apar oscilații colective ale electronilor de conducție, oscilații induse rezonant prin excitarea cu lumină. MTS prezintă indice de refracție negativ și permit fabricarea componentelor optice ultrasubțiri fără aberațiile optice clasice (de sfericitate, cromatică, astigmatism, curbura a planului focal) introduse de dioptrii sferice.

Inovația își propune îmbunătățirea rezoluției și profunzimii câmpului de vedere pentru microscopie sau dispozitive de vedere la distanță în condiții atmosferice dificile. Această structură activă compactă traduce în practică avantajele imagisticii polarimetrice și a marilor optice controlate micrometric.

Director General IRI-CDFM
Dr. Ionuț Marius Enculescu



Dr. Cotîrlan-Simioniuc Costel

Stadiul tehnicii

Imagistica polarimetrica este o metoda pentru cresterea rezolutiei imaginilor achizitionate prin selectarea semnalului util din zgomotul de fond pe baza caracteristicilor de polarizare. Domeniul de aplicare a acestei metode si modul de functionare a unui analizor de stari de polarizare format dintr-o lamela retardoare si un polarizor in procesarea componentelor vectorului Stokes, un vector real cu patru elemente, introdus in 1852 pentru a descrie lumina total sau partial polarizata pe baza masurarilor de intensitate, au fost tratate in extenso de catre J. Scott Tyo *et al.* in „Review of passive imaging polarimetry for remote sensing applications”, Applied Optics, 45(22), 5453-5469, 2006. De asemenea, W. Lukosz a demonstrat in “Optical systems with resolving powers exceeding the classical limit. II, J. Opt. Soc. Am. 57, 932-941 (1967)” ca este posibila cresterea largimii de banda a armonicilor care formeaza o imagine prin redirectionarea frecventelor spatiale, chiar dublarea largimii de banda prin transmiterea informatiei optice doar pentru o stare de polarizare. In ultimul timp, pentru controlul spatio-temporal al fasciculelor de lumina s-au impus MTS active, adica straturi subtiri cu proprietatile optice modulate electric, mecanic, magnetic, chimic, termic, prin excitare optica liniara sau neliniara, respectiv prin modificarea fazei [A. M. Shaltout *et al.*, Science 364, 648 (2019)].

Utilizarea MTS face posibil controlul frontului de unda pe distante mai mici decat lungimea de unda prin refractia eficienta a razelor de lumina, astfel incat structura optica plana poate fi mai subtire decat o lamela retardoare conventionala sau decat o lentila cu raze de curbura, corectata cu alte elemente optice pentru aberatiile clasice.

Prezentarea problemei tehnice

In mod normal, rezolvarea unor detalii optice si eliminarea aberatiilor prezente in imaginile observate creste complexitatea si pretul sistemelor optice.

Structura propusa permite micșorarea masei, complexitatii, pretului unor ansambluri pentru imagistica, concomitent cu sporirea rezolutiei si a profunzimii campului optic, inasa fara aberatiile optice mentionate anterior.

S-ar pierde totusi din intensitatea luminii, datorita absorbtiei in structurile subtiri depuse pe cele doua interfete sau MTS ale sistemului. Acest efect ar fi sesizabil doar in conditii de iluminare scazuta.

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Eneulescu



Dr. Cotirlan-Simioniuc Costel



Utilizare

Se recomanda folosirea acestor structuri cu functii de analizor de stari de polarizare si sporire a profunzimii campului optic atat pentru microscopie (in camp apropiat), cat si pentru vederea la distanta (in camp indepartat) in conditii dificile de vizibilitate pentru conducerea autovehiculelor, navelor sau aeronavelor.

In spatii cu iluminare scazuta poate sa apara necesitatea maririi intensitatii luminii, pentru ca structura compacta cu interfete plasmonice atenuaza pe anumite intervale spectrale radiatiile provenite de la scena observata.

Expunerea inventiei

Prezenta invenție constă in doua interfete structurate, MTS1 si MTS2, integrate intr-o structura activa compacta pentru controlul polarizarii, cresterii profunzimii campului optic si maririi imaginilor. Structura compacta nu introduce aberatiile optice clasice, pentru ca toti dioptrii sunt plani. Caracterul activ este introdus de posibilitatea de a varia unghiul dintre cele doua interfete prin aplicarea unor diferente de potential pe cristalele piezoelectrice pe care este plasata MTS1.

Controlul polarizarii

Prima interfata (MTS1) este prezentata detaliat in Fig.1, este notata cu (9) in Fig. 5 si este fabricata pe substratul optic (8). Configuratia antenelor sau elementelor rezonatoare este detaliata in Fig. 2. A doua interfata (MTS2) este structurata ca in Fig. 4 pe un substrat plan (1) si este notata cu (2) in Fig.5. MTS1 si MTS2 sunt suficient de subtiri pentru a fi transparente in vizibil, prima constituind interfata de intrare a razelor de lumina de la scena observata, iar a doua fiind interfata de iesire catre ochiul observatorului. Prima are rol de lamela retardoare in sfert de unda, introducand un defazaj de $\lambda/4$ intre starile de polarizare ortogonale ale fasciculului de lumina, iar a doua are rol de polarizor circular in cadrul analizorului.

Antenele plasmonice de pe MTS1 sunt in forma de potcoave patrute dispuse in siruri paralele ca in Fig.1 si Fig.2. Elementele rezonatoare (antenele) ale MTS1 si cele de pe MTS2 determina selectiv o defazare, o polarizare si o extinctie in sectiunile transversale ale fasciculului de lumina care le acopera, astfel incat fasciculul total care trece prin intreaga arie a analizorului de stari de

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu



Dr. Cotirlan-Simioniuc Costel



polarizare este suma fasciculelor cu stari de polarizare liniare defazate in $\lambda/4$ si respectiv polarizare circulara, care in final sunt integrate pe retina observatorului uman.

Pentru MTS1 ca lamela retardoare in sfert de unda ($\lambda/4$), antenele plasmonice sunt structurate pe suprafata plana sub forma de potcoava patrata prin litografie in ultraviolet extrem (extreme ultraviolet lithography-EUVL) sau litografie nanoimprint (nanoimprint lithography-NIL), precum sunt fabricate si elementele dreptunghiulare de polarizare de pe suprafata de iesire (MTS2).

In fapt, variatia de faza de-a lungul unui rezonator optic este intotdeauna insotita de o variatie mare in amplitudine. Insa este preferabil sa obtinem variatia dorita a fazei pentru fasciculul polarizat transmis cu o amplitudine egala de-a lungul rezonatorului. Pentru a reconcilia faza cu amplitudinea poate fi utilizata o schema cu dubla rezonanta pentru rezonatorii optici, astfel incat variatiile amplitudinii sa se compenseze cu variatiile fazei. Atunci amplitudinea transmisa va ramane aproape constanta pe serii intregi de rezonatori plasmonici de forme diferite [X. Ni, N. K. Emani, A. V. Kildishev, A. Boltasseva, V. M. Shalaev, Science 335 (6067), 427 (2012)] sau orientari diferite. De aceea in cadrul acestei inovatii se utilizeaza orientarea antiparalela a axelor optice pe Oy a doi rezonatori plasmonici de aceeasi forma.

Notand cu (a) marimea finita a unei semicelule cu o singura antena plasmonica, deschiderea acesteia cu (b-2w), unde w este grosimea bratului antenei, atunci variatia fazei pe distanta D nu este continua, ci discreta, in timp ce pe directia perpendiculara discontinuitatea (a-b) poate fi facuta mai mica. La minim, daca a=b, atunci structura plasmonica de suprafata este o serpentina ca in lucrarea [S. L. Wadsworth¹, Glenn D. Boreman, Optics Express 18(13) 13345-13360 (2010)] si birefringenta este maxima. In cazul acesta alegem ca a-b=w/2. Pentru ca fiecare antena este rotita fata de antena vecina cu π , apare un decalaj de faza egal cu $\pi/2$ intre undele cu doua stari ortogonale de polarizare liniara pe Ox si respectiv Oy, adica lamela retardoare introduce o diferenta de drum egala cu $\lambda/4$. Astfel, discontinuitatea de faza depinde doar de:

- controlul precis la un nivel sub lungimea de unda al profilului rotational al axelor optice ale antenelor, in care unghiul de rotatie variaza constant, si

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu

4

Dr. Cotîrlan-Simioniuc Costel

- controlul discontinuitatilor spatiale $b=2w$ si $a=b$. Deci, prin simpla manipulare a acestor parametrii, pentru un material cu proprietati plasmonice excelente pe domeniul spectral ales, se obtine o deviatie liniara a fascicului luminos cu directia de polarizare perpendiculara pe interfata de intrare MTS1, in conditiile in care lamela plana poate fi foarte subtire, pentru ca variatia fazei nu se acumuleaza in mediul lamelei prin dispersie, ci geometric pe suprafata sa. Astfel, o proiectare simpla face cu putinta modelarea eficace a birefringentei la dimensiuni sub lungimea de unda de operare. Parametrii antenei plasmonice din cadrul MTS1 din Fig.2 pot fi alesi conform lucrarilor [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]: $a=\lambda_c/3$, $b=0,2\lambda_c$, $w=0,033\lambda_c$, $h=0,066\lambda_c$, unde: λ_c este lungimea de unda centrala din domeniul vizibil, iar h este inaltimea nanoantenei.

Antenele de pe MTS2 sunt dispuse circular pe mai multe circumferinte concentrice intre cele 4 cristale piezoelectrice notate cu (3) in Fig. 5, cu contactele electrice (5) si (6) pentru aplicarea diferentelor de potential pe straturile aurite (4) si (7) depuse pe fiecare cristal. Dimensiunile antenelor plasmonice se stabilesc in functie de domeniul spectral de operare. Detaliile geometrice pentru nanoantenele din cadrul unei perioade ($L_x \times L_y$) de pe MTS2 sunt date in Fig. 8 si se calculeaza 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 unui strat de aur (Au) pe suprafata polarizorului sub forma elementelor dreptunghiulare se pot depune straturi antireflex pentru vizibil. Aceste elemente rezonatoare sunt suficient de subtiri pentru a asigura transparenta structurii in domeniul vizibil si sunt dispuse radial cu o perioada de 10 elemente ca in Fig. 4, respectiv Fig. 7, pentru a acoperi toata suprafata polarizorului. Ca marime sunt aranjate intr-o ordine descrescatoare pornind de la periferie spre

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu

5

Dr. Cofrlan-Simioniuc Costel

centru. Antenele de aceeași marime din cadrul perioadelor ($L_x \times L_y$) dispuse radial se regăsesc pe o aceeași circumferință. Desemnarea perioadelor de 10 elemente se face în coordonate polare (unghi= θ , raza= R), numărul perioadelor de antene fiind într-o progresie aritmetică cu rația 12 de la o circumferință la cea imediat exterioară, astfel: 13, 25, 37, 49, ..., în funcție de suprafața totală dorită pentru polarizor.

Dacă în cadrul unei perioade a elementelor plasmonice (Fig. 8) este o evoluție gradată a indicelui complex de refracție pentru MTS2 și a fazei de undă, totuși la trecerea de la o perioadă la alta faza suferă 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 profunzimii câmpului optic și mării imaginilor

Modul în care se efectuează acest control se poate explica prin referire la Fig. 6 și 7.

Substratul (8) este plasat pe cristalele piezoelectrice notate generic cu (3) prin intermediul unor elemente elastice (10). La aplicarea unor diferențe de potențial doar pe un cristal, de exemplu pe contactele (5) și (6), se produce alungirea cristalului cu mărimea Δ , ceea ce determină înclinarea substratului cu MTS1 cu un unghi α și o mărire a diametrului fasciculului de la Φ la $\Phi + \delta$ pe direcția x , unde:

$$\delta = \Delta \times \text{tg} \alpha \quad (1)$$

Dacă sunt aplicate diferențele de potențial într-o manieră succesivă și continuă pe cristalele piezoelectrice vecine, adică pe contactele (6), (7), (11) și (12), cu electrozii de bază conectați la un potențial comun, astfel încât pe măsură ce o diferență de potențial crește, cealaltă scade cu aceeași valoare, atunci se obține o mișcare de val circular în sens orar (r) sau antiorar (l), o deplasare a variației diametrului fasciculului în sens orar sau antiorar și se induce o polarizare circulară corespunzătoare.

Dacă viteza de aplicare a diferențelor de potențial este suficient de mare, atunci ochiul uman poate integra variațiile într-o imagine continuă. Efectul se poate realiza și electronic printr-o sumare a imaginilor succesive, rezultând o profunzime mai mare a imaginii de ansamblu.

Director General INCDFM
Dr. Ionuț Marius Enculescu



Dr. Cotîrlan-Simioniuc Costel



Prezentarea avantajelor si dezavantajelor

Avantaje

- Intrucat au suprafete plane componentele optice cu MTS nu introduc aberatiile specifice dioptrilor cu raza de curbura;
- Devine posibila selectia starilor de polarizare prin inserierea unei lamele retardoare in sfert de unda mobile cu un polarizor fix;
- Devine posibil controlul profunzimii campului optic si maririi imaginilor printr-o deplasare unghiulara a primei interfete in raport cu cea fixa;
- Pentru imagistica in conditii dificile de vizibilitate selectia starilor de polarizare pe timp de zi restrange domeniul dinamic larg pentru semnaturile de polarizare provenite de la lumina solara si creste largimea de banda a armonicilor care formeaza o imagine in conditii de ceata, fum, smog, crepuscul prin redirectionarea frecventelor spatiale, iar noaptea elimina efectul de orbire provocat de lumina farurilor autovehiculelor care vin din sens contrar;
- Sarcina retinei scade si este excelent completata antrenarea ochilor pentru imbunatatirea vederii.

Dezavantaje

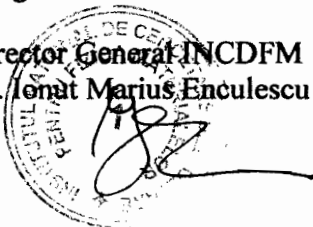
- Structurarea suprafetelor prin tehnici de micro- si nanolitografie nu este economica deocamdata pe arii mari;
- Reduc din intensitatea luminii receptate;
- Este necesara o parte de electronica de comanda pentru cristalele piezoelectrice.

Prezentarea pe scurt a figurilor

Prezenta inventie poate fi mai bine inteleasa prin referire la desenele din figurile anexate:

- Fig. 1 ilustrează structura primei interfete (MTS1) cu rol de lamela retardoare in sfert de unda cu randurile paralele de antene plasmonice;
- Fig. 2 ilustrează o secventa cu doua randuri de antene plasmonice (elemente rezonatoare) de pe MTS1 cu definirea distantelor dintre antene si detaliaza dimensiunile unui element;
- Fig. 3 ilustrează cum arata structura MTS1 vazuta dintr-un plan indepartat;
- Fig. 4 ilustreaza structura celei de-a doua interfete (MTS2) cu rol de polarizor;
- Fig. 5 este o schita laterala a ansamblului analizorului de stari de polarizare;

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu



Dr. Cotirlan-Simioniuc Costel

34

- Fig. 6 ilustreaza traseul razelor de lumina la introducerea unui unghi intre cele doua MTS;
- Fig. 7 ilustreaza marirea diametrului fasciculului luminos la trecerea prin structura in care s-a introdus un unghi intre cele doua componente ale analizorului de stari de polarizare;
- Fig. 8 detaliaza o perioada de elemente rezonatoare de pe MTS2.

Prezentarea in detaliu a unui mod de realizare

Elementele rezonatoare de pe interfetele MTS1 si MTS2 pentru functionarea in vizibil se obtin prin litografie in ultraviolet extrem (EUVL) sau litografie nanoimprint (NIL) din materiale cu caracter metalic sau semimetalic selectate conform [G. Naik, A. Boltasseva, doi: [10.1117/2.1201201.004077](#), SPIE Newsroom 2012], de ex. din: Au, Ag, TiN, ZrN sau ITO.

Procedura tehnologică preferată de realizare a nanostructurilor pe suprafață este EUVL cu lift-off:

- substratul, care poate fi o placheta de BK7 transparenta in domeniul vizibil, se degreseaza prin fierbere in tricloretilena, apoi se clateste in acetona;
- se depune un strat de fotorezist AZ1505 prin spin-coating la 5000 rot./min, timp de 1 minut;
- se aplica un tratament termic la 120°C timp de 50 s intr-o etuva;
- se expune la radiatia EUV prin masca cu tiparul de elemente sub forma de potcoava realizata prin litografie cu fascicul de electroni. Masca pentru MTS1 este diferita de cea pentru MTS2;
- se dezvolpeaza fotorezistul expus cu AZ 726 MIF intr-un timp mai scurt de 1 minut;
- prin pulverizare catodică în sistem magnetron (RF sputtering) sau evaporare termică in vid (TVE) sau depunere cu laser pulsant (PLD) se depune stratul de 30 nm de metal (Au sau Ag) sau cu caracter semimetalic (TiN, ZrN sau ITO) pe substratul pentru MTS1, respectiv pentru MTS2;
- cu remover AZ 100 sau acetona se indeparteaza fotorezistul cu stratul metalic sau semimetalic si raman pe interfețe elementele plasmonice, respectiv contactele de baza pentru cristalele piezoelectrice pe substratul MTS2 cu o grosime de 50 nm dupa o depunere suplimentara de Au printr-o alta masca specifica.

In loc de EUVL se poate apela la litografia nanoimprint (NIL) aplicată în conformitate cu descrierea din referinta [Torres C.M.S., „Nanoimprint lithography: an alternative nanofabrication approach”, Materials Science and Engineering: C, 23(1–2), 2003, 23–31] in etapa de impresionare a fotorezistului, apoi se parcurg celelalte etape descrise mai sus.

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu

Dr. Cotirlan-Simioniuc Costel

- cele doua doua componente optice se asambleaza prin intermediul cristalelor piezoelectrice, care la baza au acelasi strat de contact, iar in partea superioara au contacte individuale si li se ataseaza elementele de imbinare elastica (10).

Modul in care inventia este susceptibila a fi aplicata industrial

Aplicațiile posibile ale opticii plane cu metasuprafetele propuse sunt în microscopie pentru sporirea calitatii imaginilor achizitionate si imagistica in conditii dificile de vizibilitate pentru soferi, piloti de aeronave sau nave maritime.

Tehnologic, noua soluție constructivă permite fabricarea și implementarea rapidă a opticii de polarizare fără aberatiile clasice în microscopie sau instrumente portabile de imagistică, in scopul de a reduce prețul prohibitiv al echipamentelor cu optică complexă.

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu



Dr. Cotirlan-Simioniuc Costel



Revendicări

1. Metasuprafete integrate intr-o structura activa compacta pentru controlul polarizarii si maririi imaginilor fara aberatii optice, utilizand cristale piezoelectrice, caracterizate prin faptul ca sunt structurate prin metode litografice pe substraturi plane (1) si (8) transparente in domeniul vizibil, prima metasuprafata (9), cea dinspre obiect, cu rol de lamela retardoare realizeaza defazajul constant de $\pi/2$ pentru stari de polarizare liniare ortogonale prin antene plasmonice sub forma de potcoava patrata cu axele optice rotite intre ele cu un unghi relativ de 180° in cadrul celulei unitare de dimensiune D formata din doua antene rezonatoare, cu celulele dispuse in siruri paralele pe suprafata, iar a doua metasuprafata (2), cea dinspre observator, avand rol de polarizor cu posibilitatea de a controla continuu stările de polarizare liniara si circulara, este fabricata pe substratul dielectric plan (1) cu elemente rezonatoare dreptunghiulare cu grosimea de 30 nm, dispuse radial pe toata suprafața substratului optic intre cele 4 cristale piezoelectrice notate cu (3), cu o perioadă de 10 elemente, in cadrul unei perioade elementele cu lungimea mai mare fiind plasate catre exterior intre contacte din Au cu grosimea de 50 nm, de forma unor benzi sectoriale cum sunt (6), respectiv (11) pentru potentialele individuale aplicate cristalelor piezoelectrice (3) si potentialul comun aplicat pe contactele (4), (5), (7), (12), astfel incat se asigura mobilitatea unghiulara a primei metasuprafete pe elementele elastice (10).

2. Metasuprafete integrate intr-o structura activa compacta pentru controlul polarizarii si maririi imaginilor fara aberatii optice, utilizand cristale piezoelectrice conform revendicarii 1 caracterizate prin faptul ca diferentele de potential aplicate intr-o maniera succesiva si continua pe cristalele piezoelectrice vecine prin intermediul contactelor individuale superioare si electrozilor de baza conectati la un potential comun, astfel incat pe masura ce o diferenta de potential creste, cealalta din vecinatate scade cu aceeași valoare, permit obtinerea unei miscari de val circular in sens orar (r) sau antiorar (l) a metasuprafetei MTS1, inducerea unei polarizari circulare corespunzatoare si o deplasare a variatiei diametrului fascicului optic in sens orar sau antiorar la o viteza care sa permita integrarea variatiilor de sectiune transversala intr-o imagine de ansamblu cu o profunzime sporita a campului de vedere.

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu



Dr. Cotrlan-Simioniuc Costel



34

Anexa: Figuri

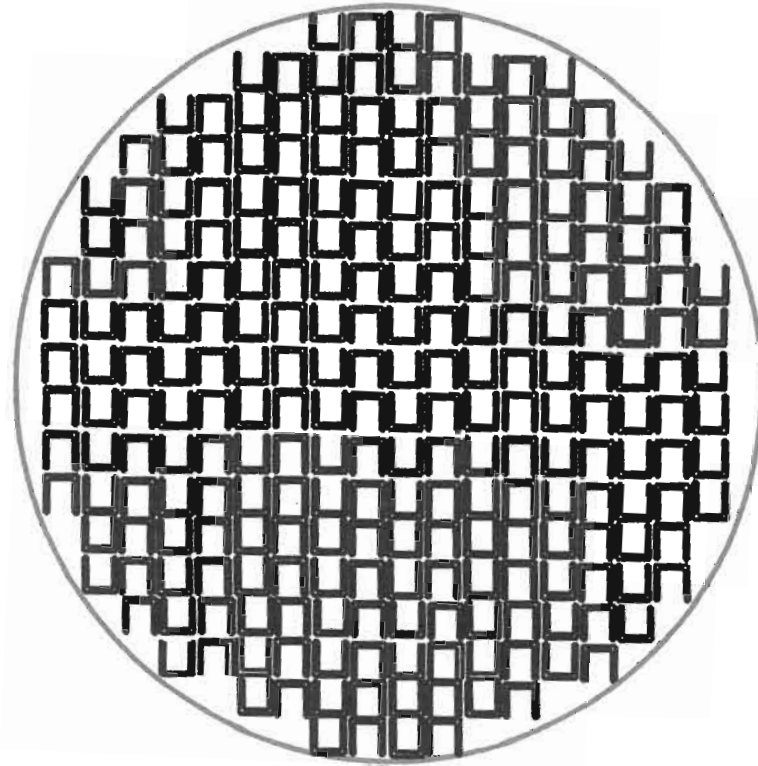


Fig. 1

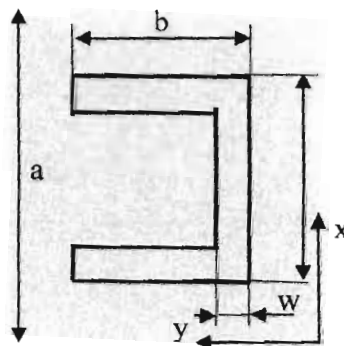
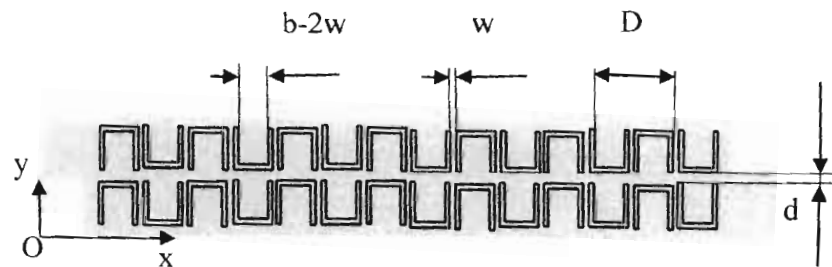


Fig. 2

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu

Dr. Cotirlan-Simioniuc Costel

33

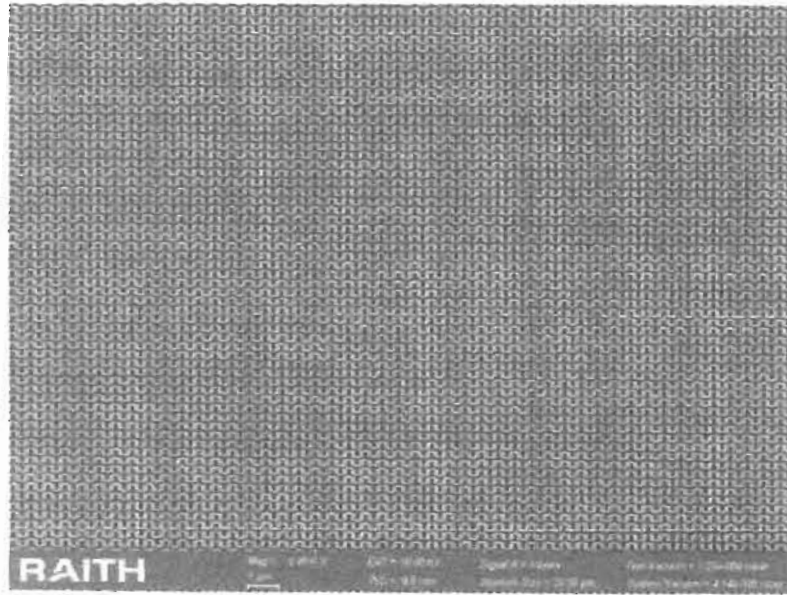


Fig. 3

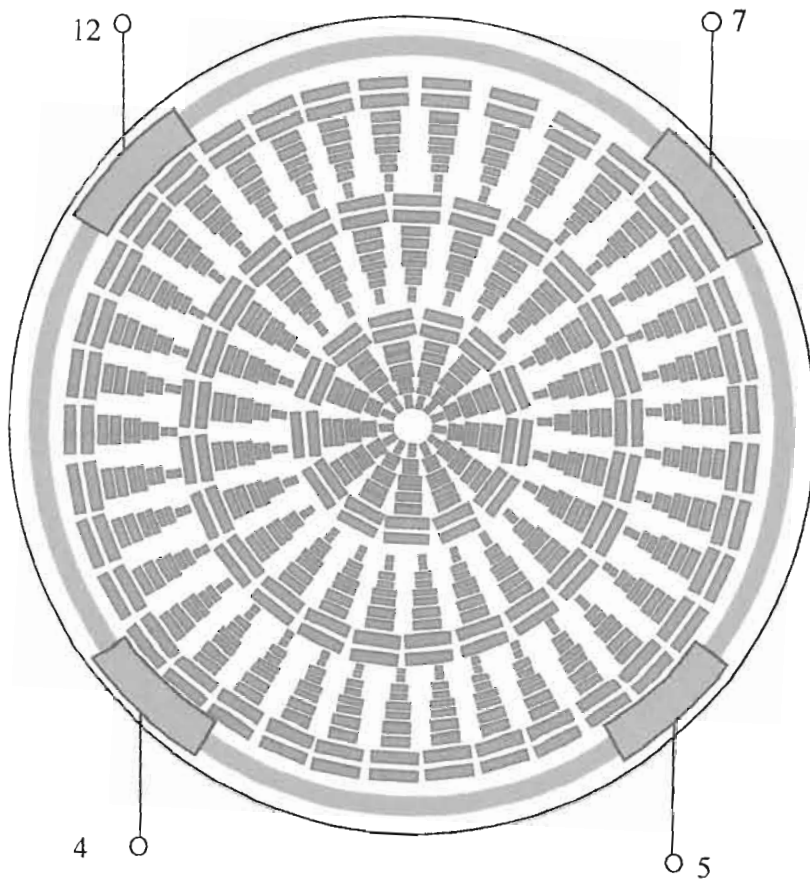


Fig. 4

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu

An official circular stamp of the National Institute for Research and Development in Textiles and Leather (INCDFM) is overlaid with a handwritten signature in black ink.

Dr. Cotirlan-Simioniuc Costel

A handwritten signature in black ink, corresponding to the name Dr. Cotirlan-Simioniuc Costel.

32

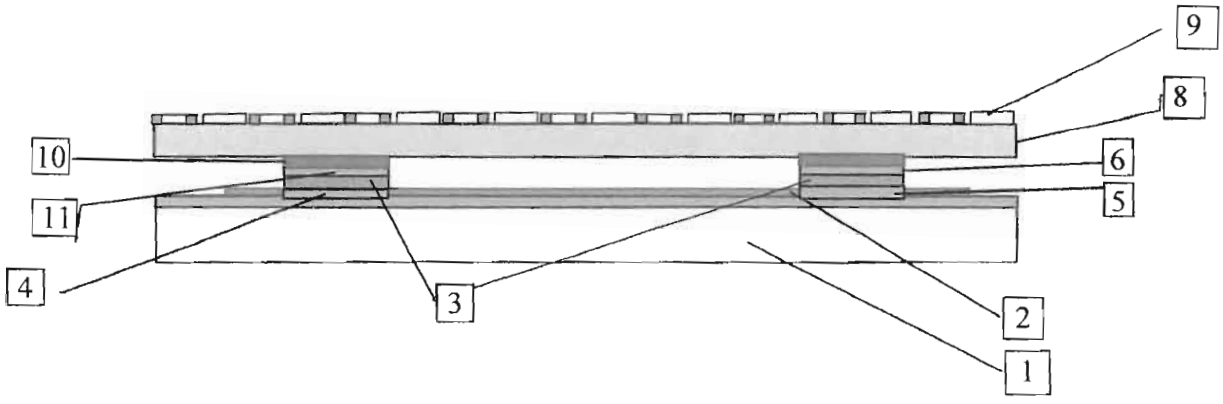


Fig.5

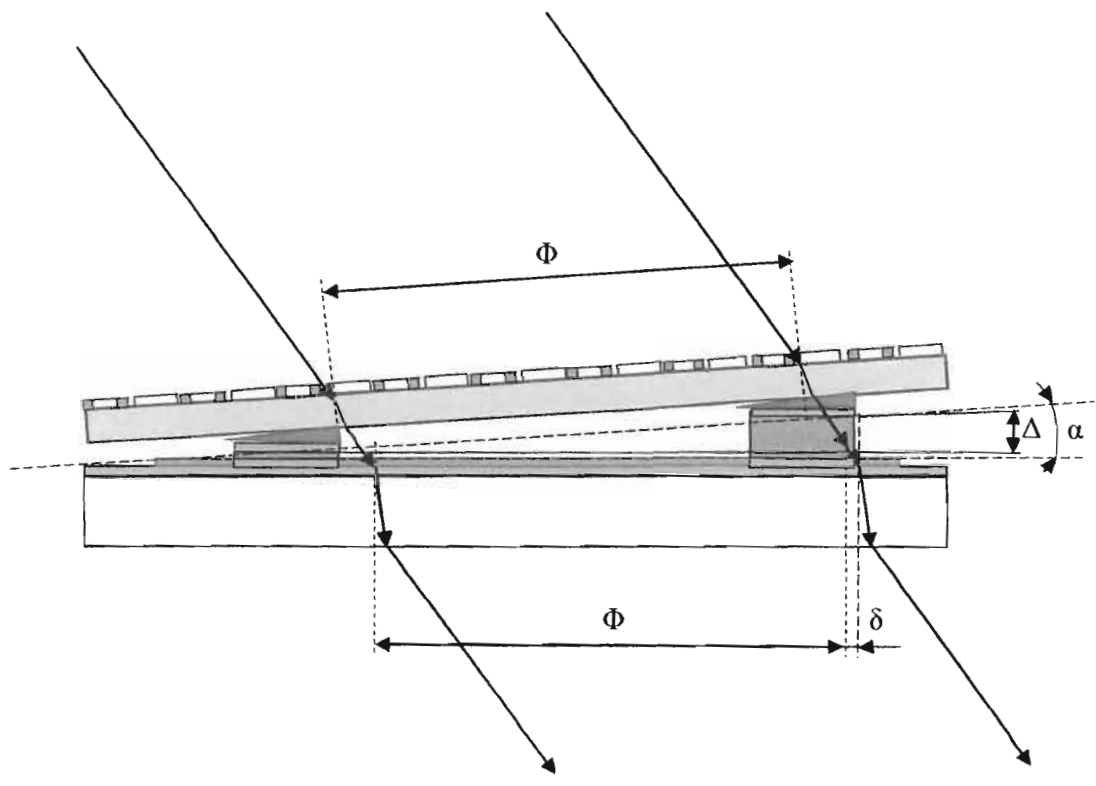
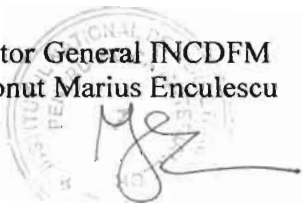


Fig. 6

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu



Dr. Cotirlan-Simioniuc Costel



31

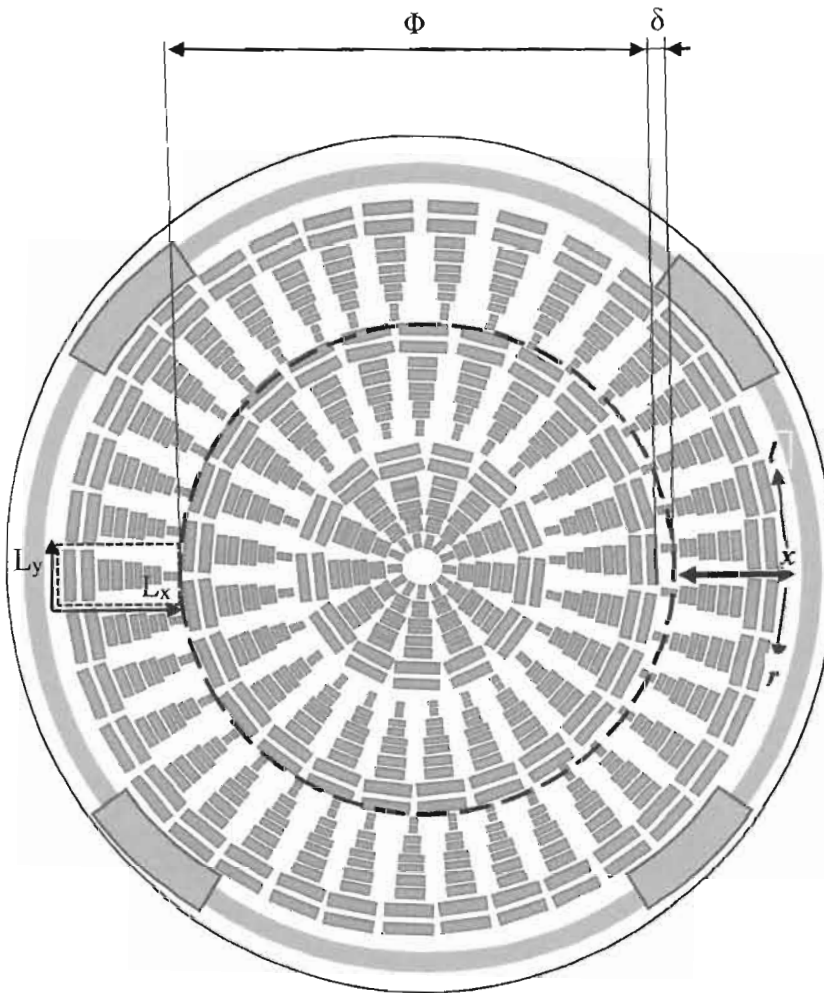


Fig. 7

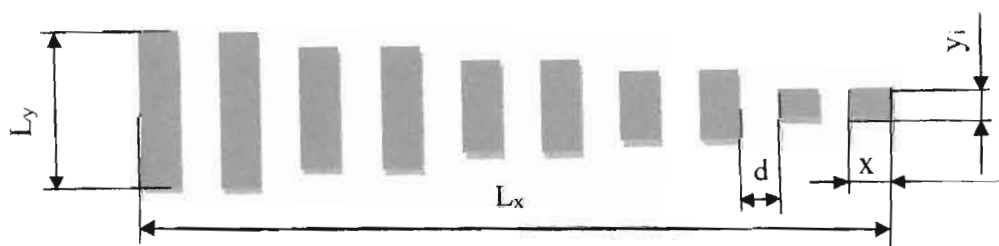


Fig. 8

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu

Dr. Cotirlan-Simioniuc Costel