



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2010 01174**

(22) Data de depozit: **25.11.2010**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.06.2015** BOPI nr. **6/2015**

(41) Data publicării cererii:
29.06.2012 BOPI nr. **6/2012**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA LASERILOR, PLASMEI ȘI
RADIĂȚIEI, STR. ATOMIȘTILOR NR.409,
MĂGURELE, IF, RO**

(72) Inventatori:
• **ZAMFIRESCU MARIAN, STR.ODGONULUI
NR.1, BL.132, SC.1, AP.44, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;**

• **JIPA FLORIN, COMUNA MIHAI BRAVU,
GR, RO;**
• **ANGHEL IULIA, COMUNA POROSCHIA,
TR, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**A.HELTZEL, ȘI ALȚII "SURFACE
PLASMON-BASED NANOPATTERNING
ASSISTED BY GOLD NANOSPHERES",
PP.1-6, THE UNIVERSITY OF TEXAS,
AUSTIN, USA, 2007; Y.ZHOU, ȘI ALȚII,
"DIRECT FEMTOSECOND LASER
NANOPATTERNING OF GLASS
SUBSTRATE BY PARTICLE-ASSISTED
NEAR-FIELD ENHANCEMENT", APPLIED
PHYSICS LETTERS, 2006**

(54) **PROCEDEU DE STRUCTURARE A SUPRAFEȚELOR CU
RADIĂȚIE LASER PRIN EFECT DE INTENSIFICARE OPTICĂ
ÎN CÂMP APROPIAT**



RO 127505 B1

1 Invenția se referă la un procedeu de structurare a suprafețelor cu radiație laser prin
intensificarea radiației optice în câmp apropiat, cu ajutorul unor elemente microoptice de
3 focalizare cu geometrie diferită de cea sferică, ce permit generarea de micro și nanostructuri
cu diverse geometrii.

5 Procesarea materialelor prin ablație laser este o metodă versatilă, aplicabilă la o
clasă largă de materiale: metale, materiale ceramice, semiconductori, polimeri, materiale
7 biologice etc. În scopul procesării acestora, tehnicile clasice de microfabricare cu laser
constau în focalizarea radiației laser, folosind componente optice precum lentile sau
9 obiective de microscop, de ale căror caracteristici depinde în mod direct rezoluția structurilor
create prin ablație laser. Geometria unei anumite structuri este formată fie prin menținerea
11 fixă a probei și deplasarea fasciculului laser, fie prin translatarea sau rotirea probei și
menținerea fixă a fasciculului laser. În oricare dintre cele două situații, metoda de prelucrare
13 este una secvențială, scanarea probei necesitând un timp lung de procesare. Rezoluția
structurii realizate depinde în acest caz nu doar de optică de focalizare, ci și de precizia
15 sistemelor mecanice de scanare.

O metodă recent dezvoltată de procesare paralelă a materialelor pe arii extinse
17 constă în utilizarea efectului de intensificare în câmp apropiat a radiației optice la interfața
unor micro și nanosfere din material transparent la radiația laserului („*Direct femtosecond
19 laser nanopatterning of glass substrate by particle-assited near-field enhancement*” de Y
Zhou și alții, Applied Physics Letters, 88, 023110 (2006)) sau chiar nanoparticule metalice
21 depuse prin auto-organizare pe suprafața materialului de procesat („*Surface plasmon-based
nanopatterning assisted by gold nanospheres*” de A. Heltzel și alții (Nanotechnology, vol. 19,
23 025305, 2008). În urma iradierii suprafeței depuse cu microparticule, fiecare microsferă
acționează ca o microlentilă. Dezavantajul utilizării microsferelor ca elemente microoptice
25 de focalizare constă în obținerea de geometrii cu structură periodică limitată la simetria
hexagonală, dată de așezarea pe suprafața a rețelei de microsferă auto-organizate.

27 Problema pe care se bazează invenția constă în înlăturarea limitării la simetria
hexagonală obținută la procesarea în câmp apropiat cu microsferă, precum și scurtarea
29 timpului de procesare în cazul microprocesărilor laser secvențiale, cu scanare.

Această problemă este rezolvată printr-un procedeu de structurare a suprafețelor cu
31 radiație laser prin efect de intensificare optică în câmp apropiat care, conform invenției,
înlătură dezavantajele stadiului tehnicii, prin aceea că prezintă etapele de fabricare prin
33 fotopolimerizare a unei măști compuse dintr-un suport și elemente microoptice de focalizare
a radiației laser, realizate dintr-un material polimer transparent la lungimea de undă a
35 fasciculului laser folosit pentru ablație și având o formă cilindrică, de poziționare a măștii pe
suprafața unui material ce urmează a fi structurat, de iradiere a suprafeței cu un fascicul
37 laser, și de obținere a unor microstructuri. Invenția constă în fabricarea unor măști
microstructurate din polimer și utilizarea acestora ca elemente microoptice de focalizare a
39 radiației laser la suprafața unui material solid (metal, semiconductor, dielectric).

41 Procedeu de micro și nanoprosesare laser are conform invenției următoarele
avantaje:

- 43 - permite procesarea în paralel de micro și nanostructuri pe o arie extinsă;
- permite procesarea cu un singur puls laser cu fascicul expandat;
- reduce timpul de procesare cu laser a materialelor;
- 45 - permite integrarea în producție de masă de microstructuri folosind aceeași mască.

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, cu referire la fig. 1, 2, 3 și
47 4, care reprezintă:

49 - fig. 1, etapele procesării cu radiație optică intensificată în câmp apropiat cu măști
microstructurate;

RO 127505 B1

- fig. 2, imaginea de microscop de forța atomică a unei măști realizate din polimer SU-8 pe substrat de cuarț; 1
- fig. 3, simulările numerice ale propagării luminii prin masca cu elemente microoptice de focalizare din SU-8; 3
- fig. 4, microstructuri pe un film de cupru, obținute prin efect de intensificare optică în câmp apropiat la interfața dintre elementele de focalizare ale unei măști transparente și filmul de cupru. 5
7
- Etapele procesării laser în câmp apropiat, conform invenției, sunt:
 - Fabricarea unei măști microstructurate 1. 9
 - Poziționarea măștii pe suprafața unui material 2 ce urmează a fi structurat și iradierea cu un fascicul laser 3. 11
- În urma iradierii cu laserul 3, se obțin simultan microstructurile 4. 13
- Fabricarea măștilor se face printr-un procedeu de fotopolimerizare, fie prin metode litografice, fie prin scriere directă laser, respectând o anumită geometrie prestabilită. Masca 1 este compusă dintr-un suport 5 și elemente microoptice de focalizare 6, fabricate pe acel suport. Suportul 5 este din sticlă, cuarț sau alt material transparent la lungimea de undă a radiației laser 3. Structura de elemente microoptice de focalizare 6 este formată din elemente pe bază de cilindri sau alte structuri regulate sau neregulate, periodice sau neperiodice, cu geometrie predefinită, alta decât cea sferică, cu dimensiuni micrometrice și submicrometrice. Elementele microoptice de focalizare 6 sunt obținute dintr-un material polimer, transparent la lungimea de undă a laserului 3, folosit pentru ablație. Criteriul de alegere a materialului polimer pentru fabricarea elementelor microoptice de focalizare 6 este dat de pragul de distrugere optică a polimerului. Pragul de distrugere optică a acestui material trebuie să fie superior pragului de ablație a materialului de procesat 2. 15
17
19
21
23
- Materialul de procesat 2 poate fi suprafața unui material masiv sau un film subțire de material depus pe un substrat 7. Masca 1 este așezată pe suprafața materialului de procesat 2, astfel încât elementele microoptice de focalizare 6 să fie în contact sau în proximitatea suprafeței materialului solid. Masca 1 și materialul de procesat 2 sunt iradiate pe arie mare, fie cu un singur puls laser, fie cu un tren de pulsuri laser 3, cu fluența sub pragul de distrugere optică a materialului polimer din care sunt fabricate elementele optice de focalizare 6. Fluența medie a fasciculului laser 3 este totodată mai mică decât pragul de distrugere a materialului de procesat 7. Prin efectul de intensificare optică în câmp apropiat, radiația laser 3 este focalizată la interfața dintre elementele microoptice 6 și suprafața materialului 2. Local, iradianța optică depășește pragul de distrugere optică, provocând ablația laser a materialului doar la suprafață, fără a afecta masca. 25
27
29
31
33
35
- Elementele microoptice de focalizare 6 cu formă cilindrică generează prin ablație laser, în urma focalizării radiației laser 3, microstructurile 4 de tip linie. Combinații de structuri cilindrice, dispuse după un anumit aranjament prestabilit, produce pe suprafața materialului 2, în urma iradierii laser, microstructuri 4 cu forma corespunzătoare dispunerii structurilor cilindrice. Dispunerea pe suprafață a structurilor 4, obținute prin ablație laser, respectă dispunerea cilindrilor din componența măștilor microstructurate. 37
39
41
- Fig. 2 prezintă imaginea de microscop de forța atomică a unei măști din polimer SU-8 pe substrat de cuarț și profilul transversal semieliptic al structurii polimerizate. Structurile au fost obținute folosind metoda scrierii directe prin fotopolimerizare indusă de efectul de absorbție bifotonică a radiației laser pulsate de la un laser Ti:Safir, cu durata de puls de ordinul femtosecundelor. Pentru generarea microstructurilor optice în polimer, s-a folosit un obiectiv de microscop cu apertura numerică de 0,5. Datorită parametrului confocal al 43
45
47

RO 127505 B1

1 fasciculului laser focalizat mai mare decât diametrul spotului minim în focar, și prin faptul că
3 fasciculul laser a fost focalizat la interfața dintre polimer și substrat, forma structurii
5 fotopolimerizate are în secțiune un profil semieliptic. Prin translatarea în direcție XY a probei
controlate de calculator, se obține o anumită dispunere în plan a elementelor de focalizare,
respectând un design prestabilit.

7 Fig. 3 prezintă simulările numerice ale propagării luminii prin masca cu
microelemente de focalizare din SU-8 cu secțiune semieliptică și distribuția de intensitate
9 optică, demonstrând intensificarea cu un ordin de mărime a radiației laser la interfața dintre
masca transparentă și suprafața de procesat, în acest caz suprafața fiind un film de cupru
cu grosimea de 50 nm, deșus pe substrat de sticlă.

11 Fig. 4 prezintă microstructuri pe un film de Cu, obținute pe arie mare cu un singur
13 puls laser, prin ablație în urma efectului de intensificare optică în câmp apropiat la interfața
dintre elementele de focalizare ale măștii transparente și filmul de cupru.

RO 127505 B1

Revendicări

1. Procedeu de structurare a suprafețelor cu radiație laser prin efect de intensificare optică în câmp apropiat, **caracterizat prin aceea că** prezintă etapele de fabricare prin fotopolimerizare a unei măști (1) compuse dintr-un suport (5) și elemente (6) microoptice de focalizare a radiației laser, realizată dintr-un material polimer transparent la lungimea de undă a fasciculului laser (3) folosit pentru ablație și având o formă cilindrică, de poziționare a măștii (1) pe suprafața unui material (2) ce urmează a fi structurat, de iradiere a suprafeței cu un fascicul laser (3), și de obținere a unor microstructuri (4). 9
2. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** materialul (2) de procesat reprezintă suprafața unui material masiv sau un film subțire de material depus pe un substrat (7). 11
3. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** masca (1) și materialul (2) de procesat sunt iradiate pe o suprafață mare, cu un singur puls laser sau cu un tren de pulsuri laser (3). 15

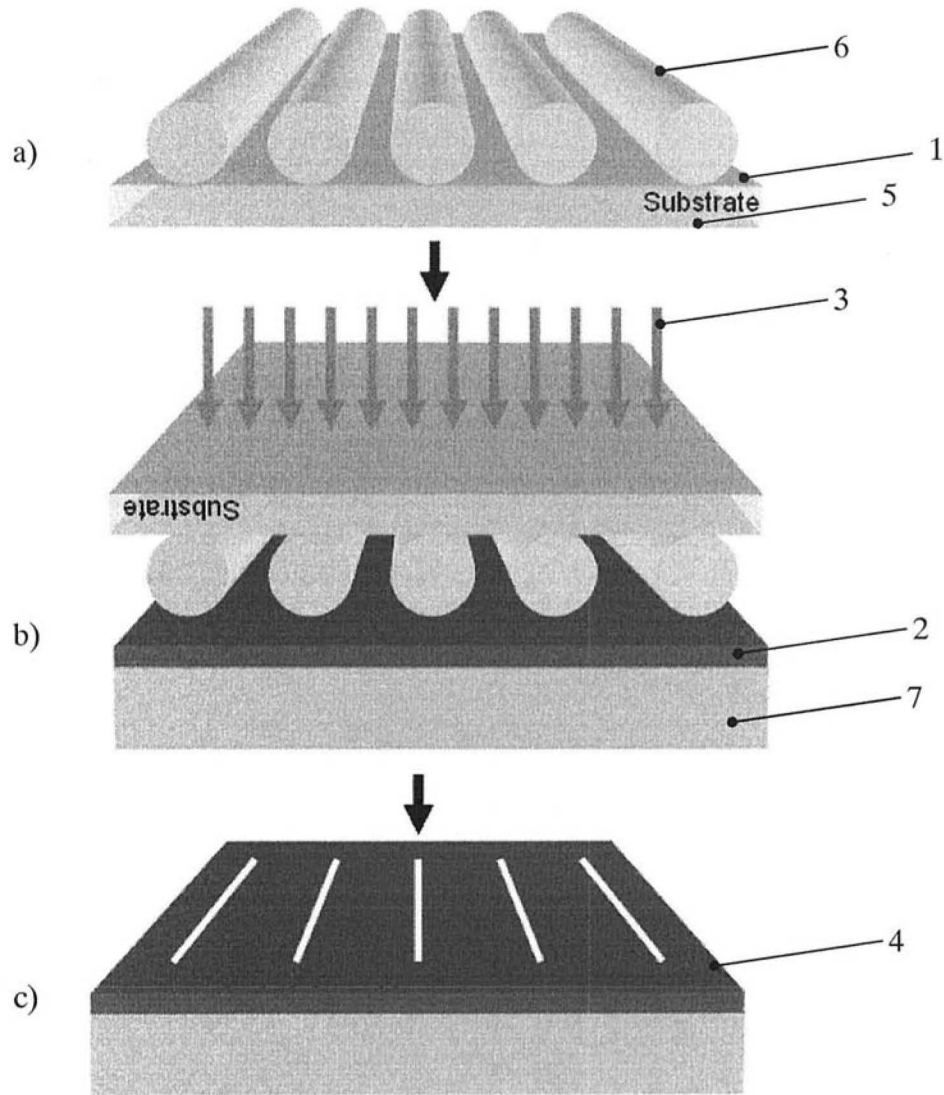


Fig. 1

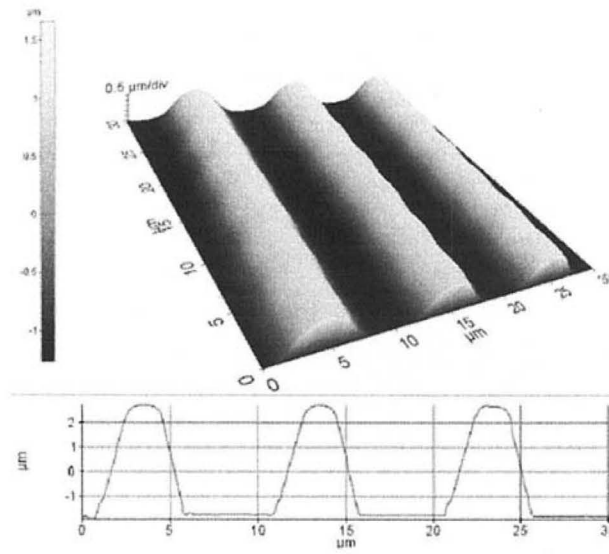


Fig. 2

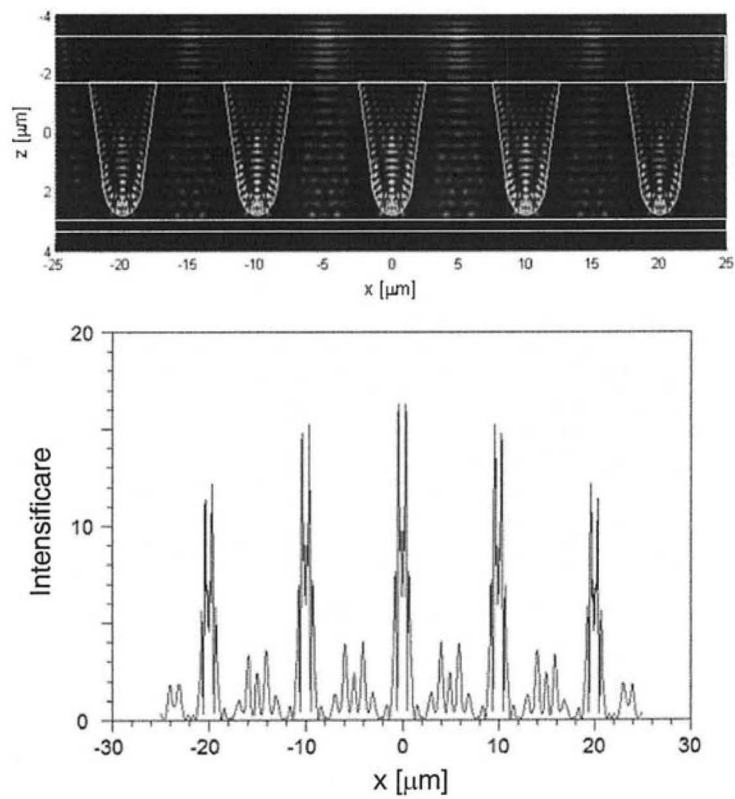


Fig. 3

(51) Int.Cl.

B23K 26/06 (2006.01);

B23K 26/04 (2006.01)

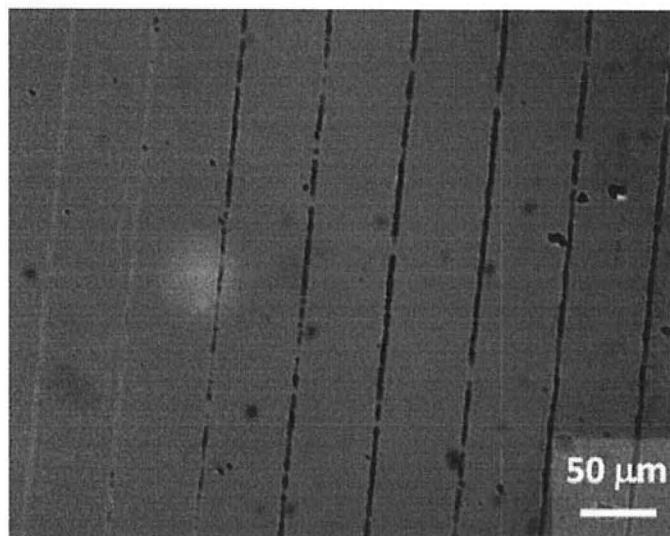


Fig. 4

