

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2015 00731

(22) Data de depozit: 13/10/2015

(41) Data publicării cererii:
28/04/2017 BOPI nr. 4/2017

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE
DEZVOLTARE PENTRU FIZICA
MATERIALELOR, STR. ATOMIȘTILOR
NR. 105 BIS, MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:
• POPESCU DANA GEORGETA,
STR. MĂRGEANULUI NR. 18, BL. M37,
AP. 8, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;
• HUȘANU MARIUS ADRIAN,
STR. AMURGULUI NR. 23, BL. C9,
POPEȘTI-LEORDENI, IF, RO

(54) PROCEDEU DE OBTINERE A CRISTALELOR FOTONICE
BIDIMENSIONALE PRIN ABLAȚIE LASER

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu pentru obținerea cristalelor fotonice bidimensionale, cu bandă fonică interzisă, utilizat pentru aplicații în optoelectronică și fonică. Procedeu conform invenției constă în poziționarea unui film de germaniu astfel încât un fascicul laser, de la o sursă laser, să fie focalizat pe acesta, setarea parametrilor laserului, cum ar fi durata și numărul pulsurilor, rata de repetiție, lungimea de undă, diametrul spotului laser, aplicarea pulsurilor laser, pentru realizarea unor găuri prin ablația filmului de germaniu, și repetarea ablației laser astfel încât să se formeze structura periodică dorită, de exemplu, cu găuri sub forma unei rețele triunghiulare sau hexagonale.

Revendicări: 1
Figuri: 2

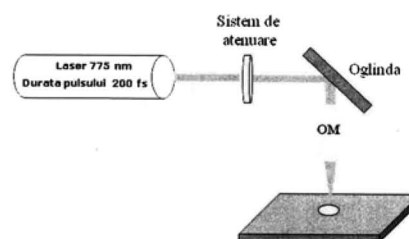
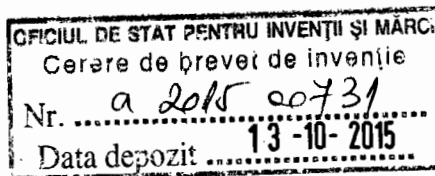


Fig. 1





21

Procedeu de obținere a cristalelor fotonice bi-dimensionale prin ablație laser

Prezenta invenție descrie un procedeu de obținere a cristalelor fotonice bi-dimensionale într-o matrice de germaniu pentru aplicații în electronică și optoelectronică.

Fotonica se bazează pe studiul manipulării radiației. În 1987 s-au publicat primele rapoarte experimentale (S. John, Phys. Rev. Lett. 58 (1987) 2486) și teoretice (E. Yablonovitch, Phys. Rev. Lett. 58 (1987) 2059) care prezintă o clasă nouă de materiale cu bandă fonică interzisă (BFI) și care permit confinarea coerentă a luminii. Astfel a început dezvoltarea fără precedent din ultimii ani atât a cristalelor fotonice (CF), precum și a dispozitivelor bazate pe cristale fotonice (X.C. Tong, Fundamentals and Design Guides for Optical Waveguides, in: Advanced Materials for Integrated Optical Waveguides, Springer International Publishing, 2014) pentru o mai bună manipulare a luminii.

Aceste materiale create artificial prezintă capacitatea de a bloca lumina în structura dielectrică, cu proprietatea de confinare, fără a permite împrăștierea ei în moduri de propagare nedorite datorită prezenței BFI. Prin manevrarea anumitor parametrii, ca de exemplu constanta rețelei, indicele de refracție sau/și grosimea probei putem controla poziția acestor benzi de stopare influențând astfel răspunsul optic al sistemului. Această proprietate sugerează posibilitatea utilizării materialelor cu bandă interzisă în fonică, reprezentând un analog al semiconductorilor din microelectronica convențională.

Germaniul se situează printre cele mai promițătoare materiale ce pot fi utilizate pentru producerea dispozitivelor fotonice, datorită indicelui de refracție foarte mare ($n \sim 4.2$) și dispersiei reduse pentru gamă largă de temperaturi.

De exemplu, în microelectronică, viteza și curentul de comandă ale dispozitivelor logice bazate pe CMOS pot fi îmbunătățite datorită mobilității mari a electronilor și golurilor din substratul de Ge (C.O.Chui, K.C. Saraswat, Advanced Germanium MOS Devices. In Germanium-Based Technologies: from Materials to Devices, Elsevier: Amsterdam, 2007). Tranzistorii MOSFET pe bază de germaniu prezintă anumite limitări datorate lipsei oxigenului nativ pentru poarta izolatoare, însă progresul realizat în miniaturizarea dispozitivelor dielectrice oferă posibilitatea unei potențiale mobilități ridicate care să înlocuiască siliciul utilizat în prezent

Director General INCDFM
Dr. Ionuț Marius Enculescu

în realizarea canalului, Ge prezentând de asemenea avantajul de a avea compatibilitate directă cu CMOS.

În studiile întreprinse în ultimi ani s-a putut observa creșterea abruptă a necesității de procesare submicronică a materialelor semiconductoare pentru aplicații în domeniul telecomunicațiilor. În acest context, ablația laser este o metodă de scriere directă și relativ accesibilă pentru o clasă largă de materiale, care nu presupune tratamente de corodare sau de mascare. În comparație cu alte tehnici de fabricație, spre exemplu litografia, corodare cu plasmă (electron beam etching, plasma etching), ablația laser este o tehnică versatilă și ecologică, cu care se pot realiza atât sisteme periodice, cât și alte structuri proiectate cu ajutorul calculatorului ca cerință pentru diverse dispozitive optice bazate pe cristale fotonice (B. Qiumei, Y. Xiaoming, Z. Baozhen, C. Zenghu, L. Shuting, Opt. Laser Technol. 45 (2013) 395).

În prezenta invenție se propune un procedeu de realizare a cristalelor fotonice prin ablația laser a unui film de germaniu (Fig. 1), obținând structuri periodice cu orificii ce au diametrul de aproximativ 1 micron (Fig. 2).

Un exemplu de realizare al invenției este descris în cele ce urmează:

Sursa folosită pentru obținerea materialelor cu bandă fonică interzisă contră dintr-un laser care emite pulsuri ultracurte, cu durata de 200 fs, rata de repetiție 2 kHz la lungimea de unda de 775 nm și energie maximă a laserului de aproximativ 0,6 mJ/puls.

Sistemul de atenuare constă dintr-o lamă $\lambda/2$ și un polarizor Glan astfel încât atenuarea energiei laserului să fie realizată cu precizie ridicată. Fasciculul laser este focalizat pe probă cu un obiectiv de microscop Mitutoyo care permite $100\times$ și cu un diametru al spotului laser focalizat de aproximativ 2 μm . Astfel, variind energia laserului se pot obține structuri sub limita de difracție, datorită proceselor de absorbție multifonică. Acestea au loc într-un volum extrem de redus de material fiind urmate de modificări fizico-chimice ale acestuia la scară foarte redusă, de ordinul micrometrilor sau chiar submicrometrilor.

Presupunem că prima gaură este dată cu o anumită intensitate laser și cu un anumit număr de pulsuri, intensitatea laser fiind aleasă astfel încât ablația să apară în poziția centrală a spotului fasciculului care se formează la suprafață, ablație care duce la formarea găurii. Pentru obținerea sistemului dorit se aleg parametrii optimi de procesare laser, de exemplu: energia laser se

menține constantă la valoarea de 35 nJ și numărul de pulsuri la valoarea de $N=15$. Perioada de repetare a găurilor $a = 1.5 \mu\text{m}$.

În Tabelul I sunt precizate valorile parametrilor pentru obținerea cristalelor fotonice bi-dimensionale cu rețea hexagonală în filmul de germaniu prin ablație laser.

Tabel I: Parametrii pentru obținerea CF cu rețea triunghiulară prin ablație laser

Parametrii laser	Valoare
Durata puls	200 fs
Rata de repetiție	2 kHz
Lungimea de unda	775 nm
Diametru spot laser	2 μm
Energia laser	35 nJ
Numarul de pulsuri	15
Perioada	1.5 μm

Revendicări

Un cristal fonic bi-dimensional format din găuri într-un film de germaniu printr-o metodă ce cuprinde pașii următori:

- i) setarea duratei pulsului și ratei de repetiție;
- ii) poziționarea filmului de germaniu pentru a focaliza spotul laser în locul unde dorim să realizăm prima gaură;
- iii) aplicarea pulsurilor laser pentru ablația filmului de germaniu, formând structura periodică dorită;

Desene și figuri

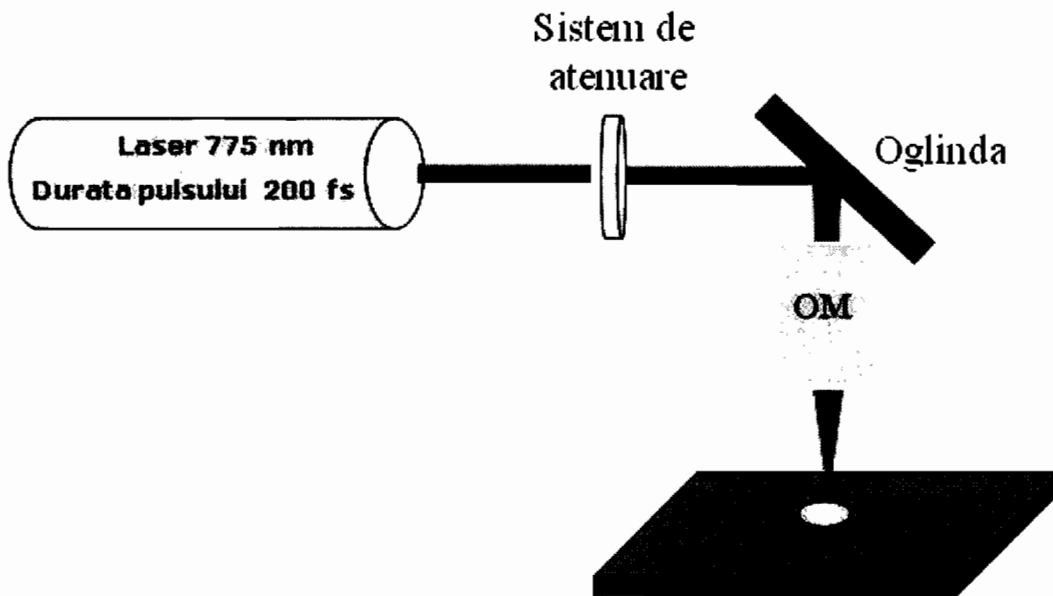


Fig. 1 Reprezentarea schematică a principiului de scriere directă cu laserul.

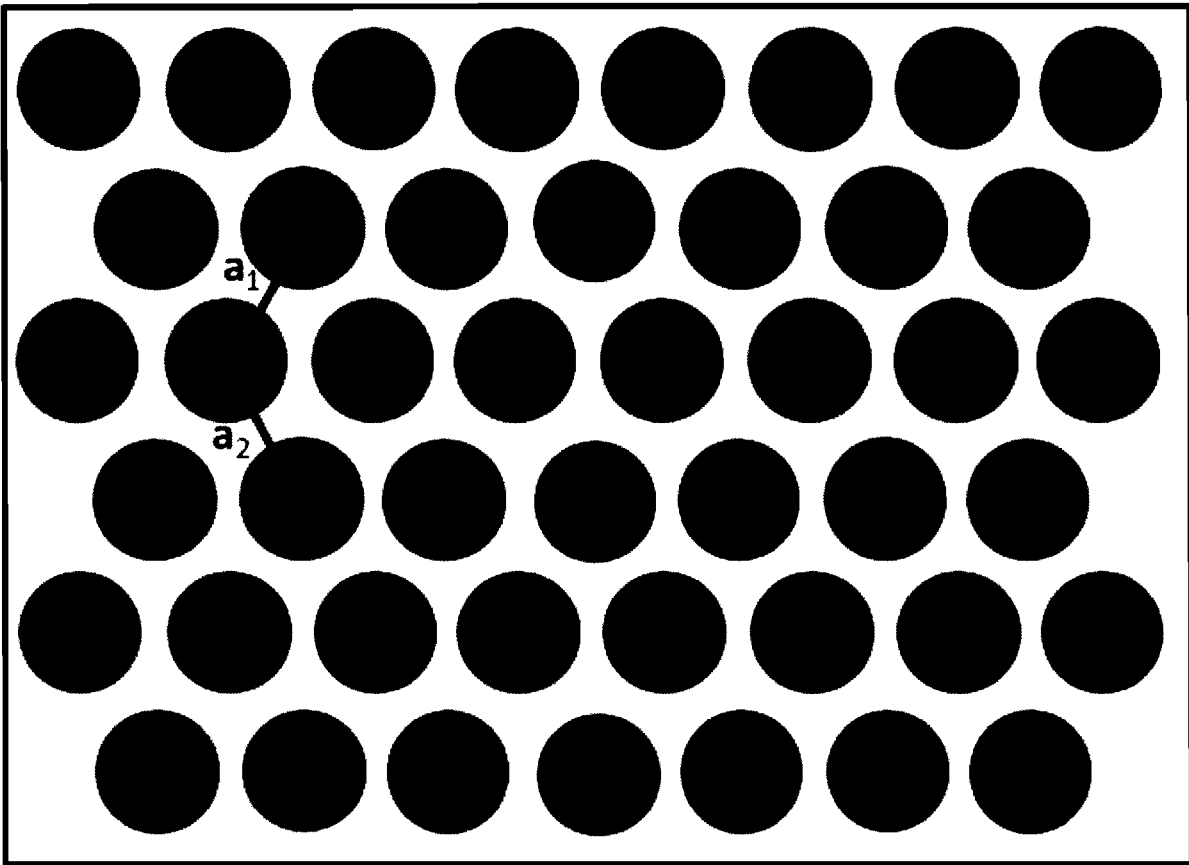


Fig. 2 Reprezentarea de sus a unui exemplu de cristal fonic format printr-un procedeu de ablație laser a prezentei invenții. Acesta este un exemplu de cristal fonic bi-dimensional cu găuri sub forma unei rețele hexagonale.