

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 01002

(22) Data de depozit: 29/11/2018

(41) Data publicării cererii:  
30/10/2019 BOPI nr. 10/2019

(71) Solicitant:

- INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU FIZICA MATERIALELOR-INCDFM, STR. ATOMIȘTILOR NR.405 A, MĂGURELE, IF, RO;
- UNIVERSITATEA TRANSILVANIA DIN BRAȘOV, BD. EROILOR NR.29, BRAȘOV, BV, RO;
- INSTITUTUL NAȚIONAL DE FIZICA LASERILOR, PLĂSMEI ȘI RADIAȚIILOR, STR. ATOMIȘTILOR NR. 409, MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:

- LORINCZI ADAM, ALEEA POSTĂVARUL NR.4, BL.C 4, SC.7, ET.3, AP.86, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;

- GANEA CONSTANTIN PAUL, STR. STOIKA ȘTEFAN, NR.22, BL.17B, SC.B, AP. 62, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
- SOCOL GABRIEL, STR.FIZICIENILOR NR. 19, BL.M 2, SC.1, AP.2, MĂGURELE, IF, RO;
- ZAMFIRA CONSTANTIN SORIN, BD. GĂRII NR. 38, BL. 227, SC. B, AP. 23, BRAȘOV, BV, RO;
- CREȚU NICOLAE CONSTANTIN, STR.MATTIS TEUTSCH, NR.3, BRAȘOV, BV, RO;
- POPESCU PELIN GIANINA FLORENTINA, STR.BERBECULUI, NR.5, MĂGURELE, IF, RO;
- MATEI ELENA, STR.FIZICIENILOR NR.21, BL.M 1, AP.1, MĂGURELE, IF, RO;
- LOGOFĂTU CONSTANTIN, STR.MARIA TĂNASE NR.3, BL.13, SC.3, AP.70, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO

(54) SENZOR DE LUMINĂ PE BAZĂ DE STRUCTURĂ MULTISTRAT DE STRATURI SUBȚIRI

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un senzor de lumină bazat pe o structură multistrat, și la un procedeu de fabricare a structurii. Structura multistrat, conform invenției, este formată din trei straturi subțiri, depuse pe un suport de sticlă în următoarea ordine: Cu,  $As_2S_3$ , Cu, grosimea straturilor de Cu fiind cuprinsă în intervalul 15...90 nm, iar grosimea stratului de  $As_2S_3$  de 250...800 nm. Procedeu de fabricare a structurii multistrat, conform invenției, cuprinde depunerea straturilor în vid, prin metoda depunerii laser pulsate (PLD), pentru controlul depunerii fiind utilizate măști dedicate, realizate special prin tehnica imprimării 3D.

Revendicări: 2  
Figuri: 5

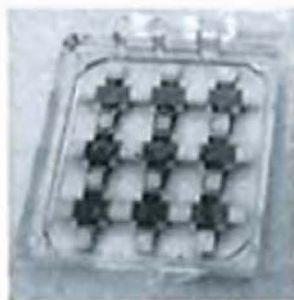
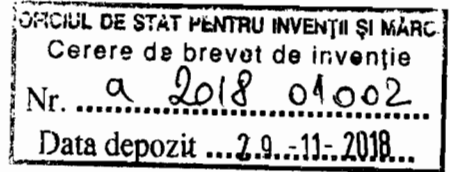


Fig. 1

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).





## DESCRIEREA INVENȚIEI

### SENZOR DE LUMINĂ PE BAZĂ DE STRUCTURĂ MULTISTRAT DE STRATURI SUBȚIRI

#### Domeniul tehnic în care poate fi aplicată invenția

Invenția se referă la un nou mod de semnalare a prezentei unei iluminări, care poate fi ambientală naturală, sau poate proveni din surse de lumină artificială, cum ar fi becurile incandescente, tuburile cu gaze nobile sau LED-uri.

Termenul *lumină* se referă aici la zona vizibilă din spectrul radiației electromagnetice. Aceasta zona vizibilă, ori perceptibilă ochiului uman, este formată din radiații electromagnetice care au lungimile de undă cuprinse în general, între 380 nm (violet) și 760 nm (roșu).

Datorită faptului că structura prezentată își variază capacitatea electrică practic instantaneu la apariția luminii, invenția poate fi propusă spre aplicare în domeniile tehnice unde este nevoie de semnalarea promptă a prezenței unei iluminări. Astfel de situații pot apărea în domeniul monitorizării mediului, în domeniul industrial, sau în cel al serviciilor de pază și securitate, la controlul accesului ori a prezenței într-o zonă sau într-o încălț.

#### Prezentarea stadiului tehnicii

Detectia radiației electromagnetice în general, cu lungimi de undă din spectrul vizibil, ori din afara ei, se realizează prin determinarea modificării unei mărimi fizice măsurabile, aparute ca urmare a interacției fotonilor radiației cu un sistem fizic potrivit acestei interacții. Prin urmare, în sens general, numim fotodectie procesul prin care se poate detecta prezența unor fotoni într-o zonă dată, iar dispozitivul care conține materialul, ori structura concepută pentru acest scop, este numit *fotodetector*. În funcție de domeniul spectral pentru care este destinat, fotodetectorul poate fi alcătuit din materiale diferite, care să fie sensibile la radiațiile din acel domeniu spectral.

În cartea sa apărută în anul 2000, intitulată *Photodetectors*, Donati arată evoluția realizărilor tehnice în domeniul fotodectiei de la începuturi până la mijlocul anilor '90 [S. Donati, *Photodetectors*, Prentice Hall (2000), <http://www-3.unipv.it/donati/private/Photodetectors/introd.pdf>]. Dintre acestea amintim că în 1873 W. Smith descoperă fotoconductivitatea seleniului, iar în 1905 A. Einstein explică fotoemisia prin ipoteza cuantei de radiație. Mai târziu, în 1919 J. Slepian inventează fotomultiplicatorul, iar în 1950 se realizează primele fotodiode pe bază de germaniu. Peste câțiva ani, în 1970, se realizează primul dispozitiv de înregistrat imagine prin tehnica CCD (charge coupled device). Începând cu 1980 se produc în serie camere video CCD, iar în 1995 se realizează termoviziunea (înregistrarea unei imagini cu radiații din spectrul infraroșu) la temperatura camerei.

În 2016, în lucrarea sa, Liu prezintă principiile fizice ale fotodectiei. Se observă că în procesul fotodectiei un semnal optic este transformat într-un semnal de altă natură. Astfel, Liu clasifică fotodetectorii în detectori de fotoni și detectori termici.



Detectorii de fotoni sunt practic detectori cuantici care se bazează pe efectul fotoelectric, în care un foton incident generează o pereche electron-gol, semnalul generat fiind astfel proporțional cu numărul de fotoni absorbiți de detector. Detectorii de fotoni pot fi deosebit de sensibili și rapizi în răspuns, potriviți pentru a urmări semnalele optice foarte rapide, mergând chiar până la numărarea de fotoni.

Detectorii termici, pe de altă parte, se bazează pe efectul fototermic, unde energia optică incidentă este transformată în căldură. Astfel, detectorii termici răspund mai degrabă la energia optică absorbită, decât la numărul de fotoni absorbiți. Ei sunt mai lăni în răspuns, fiind limitați de termalizare prin difuzie termică și de disiparea termică la modificarea puterii optice incidente. Sunt potriviți pentru măsurări de putere optică a unei radiații, ori pentru aplicații de imagistică în infraroșu. [Liu, J., *Photodetection*, în *Principles of Photonics* (pp. 362-395), Cambridge University Press (2016). doi:10.1017/CBO9781316687109.012]

Inspirații de comportamentul grafenei, în ultimul timp s-au studiat intens materialele cu structurare bidimensională (eng.: 2D materials) cu speranța de a identifica soluții noi pentru dispozitive optoelectronice. Astfel, se propune utilizarea straturilor ultra-subțiri de InSe pentru fotodetectori [S. Lei et al. *ACS Nano*, 2014, 8 (2), pp 1263–1272, DOI: 10.1021/nm405036u].

Dispozitive optoelectronice bazate pe efect fotoelectric intern sau extern (fotocelule, fotodiode, fotorezistente, etc), au fost dezvoltate cu heterostructuri grafena-heterostructuri hibride semiconductoare (de tipul II-VI, III-V) [Chao Xie, Yi Wang, Zhi-Xiang Zhang, Di Wang, Lin-Bao Luo, *Graphene/Semiconductor Hybrid Heterostructures for Optoelectronic Device Applications-Nano Today* 19 (2018) 41–83]; grafena-semiconductori IV [Jesper Wallentin et al., *Science* 339 (2013) 1057–1060], combinații semiconductor IV-oxizi metalici-semiconductor IV [W. Chen et al., *IEEE T. Electron Dev.*, 62 (2015), pp. 3760-3766], strat subțire de SiC depus pe Si [S A Kukushkin and A V Osipov, *J. Phys. D. Appl. Phys.*, 47 (2014), Article 313001], la care mecanismul de detecție se bazează pe efectul fotovoltaic sau efectul fotovoltaic cu prag.

O altă categorie de aplicații pentru detecția luminii folosesc senzori fotoelectrochimici, cum ar fi combinațiile nanospire de CuO-Cu obținute prin oxidare termică, la care fotocurentul generat se schimbă odată cu iluminarea [Materials Science in Semiconductor Processing 85 (2018) 90–97]. Efectul fotoelectrochimic stă și la baza elaborării unor noi biosenzori folosiți în detecția unor substanțe cum ar fi pesticidele [Trends in Analytical Chemistry 103 (2018) 1-20].

Straturi subțiri de SiC sunt folosite în detecția de radiații speciale cum ar fi radiația Cerenkov [Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 845 (2017) 439–442]. Nanocristale de Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> utilizate pentru obținerea unor fibre optice speciale [Optical Fiber Technology 46 (2018) 215–220].

Nanostructuri multistrat cristaline-amorfe, cum ar fi Cu-CuNb, promit de asemenea comportări care pot determina construcția unor senzori de lumină, modificându-și răspunsul fotoelectric la aplicarea unui stres mecanic [Acta Materialia 120 (2016) 327-336].

### Prezentarea problemei tehnice, pe care o rezolvă invenția

Invenția de față oferă o nouă metodă de semnalare a prezentei unei iluminări. Această nouă metodă se bazează pe modificarea instantanee a capacității electrice a structurii descrise în prezenta invenție.

### Expunerea invenției

Obiectul invenției o constituie structura multistrat, formata din trei straturi subțiri de grosimi submicronice, depuse prin metoda *pulsed laser deposition* (PLD) pe un suport placuta de sticla cu dimensiuni 25 mm x 25 mm x 1,5 mm, in urmatoarea ordine: 1. Cu; 2. As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>; 3. Cu. Depunerea se efectueaza intr-o incinta vidata.

Pentru controlul geometriei si a reproductibilității depunerii, se utilizeaza masti dedicate, realizate special pentru aceste structuri complexe, prin tehnica imprimarii 3D (Figura 2).

Datorita geometriei structurii, cu straturile subțiri de Cu depuse perpendicular, fiecare celula de multistrat poate fi adresata individual, precum elementele unei matrici 3 x 3 (Figura 1).

La masurarile electrice, se observa, ca valoarea capacitatii electrice a unei structurii multistrat variaza brusc la prezenta iluminarii, astfel: la iluminarea structurii, valoarea capacitatii scade instantaneu, cu aproximativ 9 % din valoarea initiala. In prezenta iluminarii aplicate, capacitatea isi pastreaza constant aceasta valoare mai scazuta cu 9%. La intreruperea iluminarii, valoarea capacitatii electrice a structurii creste instantaneu cu ~ 8,5 %, revenind aproape de valoarea initiala, avuta inainte de aplicarea iluminarii.

Structura multistrat prezentata in aceasta inventie isi pastreaza proprietatea de a fi sensibil la lumina chiar si in conditiile in care pe bornele structurii se aplica o tensiune de 10 V.

### Indicarea modului in care invenția poate fi exploatată industrial

Figura 3 ne arata ca raspunsul la iluminare a unei structurii multistrat din structura complexa, este practic instantanee. Acest efect sistematic poate fi exploatat industrial, pentru monitorizarea iluminarii in diferite procese tehnologice sau de mediu.

### Prezentarea avantajelor invenției in raport cu stadiul tehnicii

Solutia data de aceasta inventie pentru detectarea luminii din spectrul vizibil se bazeaza pe o structura multistrat metal-semiconductor-metal (M-S-M), miniaturizabila usor la dimensiuni milimetrice in conditii curente de laborator (ex. Figura 1). Cu tehnici avansate de depunere si de realizare de structuri 2D, aceste structuri prezentate aici, pot fi scalate dimensional si in domeniul micronic ori submicronic.

Tehnica realizării unei asemenea structurii multistrat M-S-M este accesibila pe o scara din ce-in-ce mai larga in laboratoarele de cercetare si in industrie, iar costurile de realizare sunt rezonabile.

Detectarea luminii prin masurarea variatiei de capacitate prezentata in inventie, este facila, datorita faptului ca se realizeaza cu metode electronice simple, prin intermediul unei punți in curent alternativ RLC, portabila, cu sursa de alimentare autonoma.



### Prezentarea detaliata a obiectului invenției

Obiectul invenției o constituie structura multistrat, formata din trei straturi subtiri de grosimi submicronice, depuse prin metoda *pulsed laser deposition* (PLD) pe un suport placuta de sticla cu dimensiuni 25 mm x 25 mm x 1,5 mm, in urmaroarea ordine: 1. Cu; 2. As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>; 3. Cu. Depunerea se efectueaza intr-o incinta vidata.

Pentru controlul geometriei si a reproductibilității depunerii, se utilizeaza masti dedicate, realizate special pentru aceste structuri complexe, prin tehnica imprimarii 3D (Figura 2).

Datorita geometriei structurii, cu straturile subtiri de Cu depuse perpendicular, fiecare celula de multistrat poate fi adresata individual, precum elementele unei matrici 3 x 3 (Figura 1).

La masurarile electrice, se observa, ca valoarea capacitatii electrice a unei structuri multistrat variaza brusc la prezenta iluminarii, astfel: la iluminarea structurii, valoarea capacitatii scade instantaneu, cu aproximativ 9 % din valoarea initiala. In prezenta iluminarii aplicate, capacitatea isi pastreaza constant aceasta valoare mai scazuta cu 9%. La intreruperea iluminarii, valoarea capacitatii electrice a structurii creste instantaneu cu ~ 8,5 %, revenind aproape de valoarea initiala, avuta inainte de aplicarea iluminarii (Figura 3).

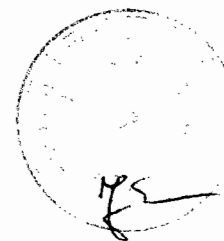
Structura multistrat prezentata in aceasta inventie isi pastreaza proprietatea de a fi sensibil la lumina chiar si in conditiile in care pe bornele structurii se aplica o tensiune continua de 10 V (Figurile 3, 4 si 5).

### Exemplu de realizare a invenției

Structura complexă multistrat (Figura 1), o realizam din trei straturi subtiri de grosimi submicronice, depuse prin metoda *pulsed laser deposition* (PLD) pe un suport placuta de sticla cu dimensiuni 25 mm x 25 mm x 1,5 mm, in urmaroarea ordine: 1. Cu; 2. As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>; 3. Cu. Depunerea se efectueaza intr-o incinta vidata.

Pentru controlul geometriei si a reproductibilității depunerii, se utilizeaza masti dedicate, realizate special pentru aceste structuri complexe, prin tehnica imprimarii 3D (Figura 2).

Valoarea capacitatii electrice a unei structuri multistrat variaza brusc la prezenta iluminarii. La iluminarea structurii, valoarea capacitatii scade instantaneu, cu ~ 9 %. In prezenta iluminarii, capacitatea isi pastreaza constant aceasta valoare mai scazuta. La intreruperea iluminarii, valoarea capacitatii electrice a structurii creste instantaneu cu ~ 8,5 %, revenind aproape de valoarea initiala.

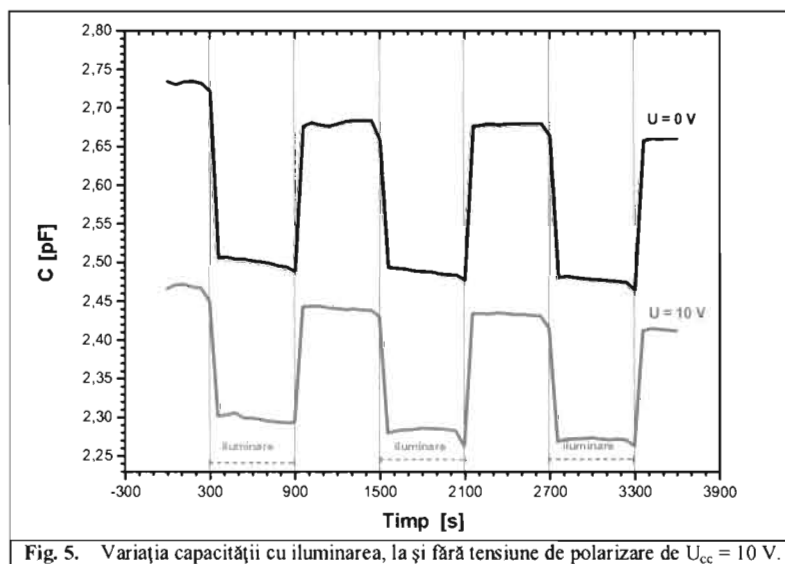
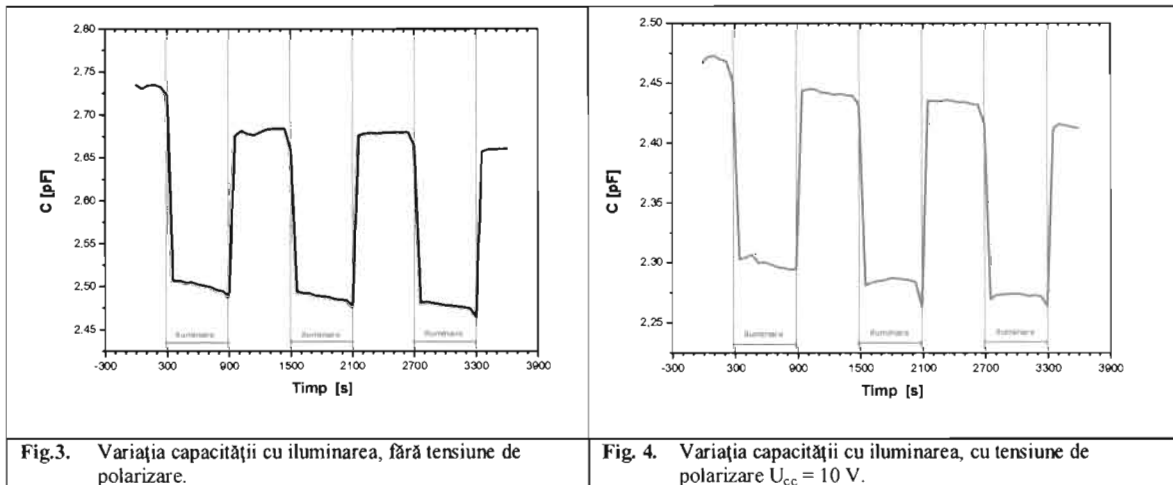
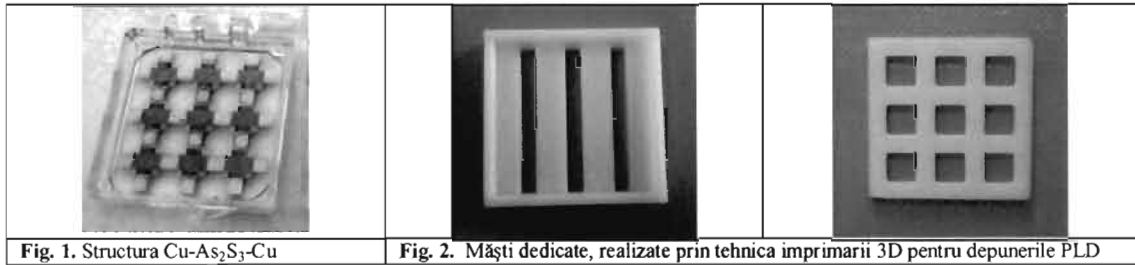


**REVENDICĂRI**

1. O structura multistrat de straturi subtiri **caracterizată prin aceea că** :
  - a) este formata din trei straturi subtiri, depuse pe un suport de sticla in urmatoarea ordine: 1. Cu; 2.  $As_2S_3$ ; 3. Cu. Avand aceasta geometrie, straturile de Cu inferior si superior constituie in acelasi timp si contactele structurii, conform Figurii 1;
  - b) valoarea capacitatii acestei structurii prezinta o scadere brusca la expunerea structurii la lumina, in timp ce la intreruperea iluminarii valoarea capacitatii structurii creste brusc, aproape pana la valoarea anterioara iluminarii, condorm Figurii 3.
  
2. Procedul de obținere a structurii multistrat de la pct. 1, **caracterizat prin aceea că**:
  - a) este realizat prin depunere in vid prin metoda *pulsed laser deposition* (PLD) pe un suport de sticla de 25 mm x 25 mm ;
  - b) pentru controlul depunerii se utilizeaza masti dedicate, realizate prin metoda imprimarii 3D (conform Figurii 2). Masca cu fante se utilizeaza pentru Cu, iar masca cu patratele pentru  $As_2S_3$  ;
  - c) grosimea straturilor de Cu se situeaza intre 15-90 nm, iar pentru  $As_2S_3$  intre 250-800 nm.



DESENE SI FIGURI



Handwritten signature or initials.