



MD 4867 C1 2024.03.31

REPUBLICA MOLDOVA



(19) Agenția de Stat
pentru Proprietatea Intelectuală

(11) **4867** (13) **C1**
(51) Int.Cl.: *B82B 1/00* (2011.01)
B82B 3/00 (2011.01)
B82Y 40/00 (2011.01)
H01L 21/3063 (2006.01)
H01L 31/08 (2006.01)
H01L 31/09 (2006.01)

(12) BREVET DE INVENȚIE

<p>(21) Nr. depozit: a 2020 0054 (22) Data depozit: 2020.06.09</p> <p>(41) Data publicării cererii: 2021.12.31, BOPI nr. 12/2021</p>	<p>(45) Data publicării hotărârii de acordare a brevetului: 2023.08.31, BOPI nr. 8/2023</p>
<p>(71) Solicitant: UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI, MD (72) Inventatori: MONAICO Eduard, MD; URSACHI Veaceslav, MD; MONAICO Elena, MD; TIGHINEANU Ion, MD (73) Titular: UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI, MD</p>	

(54) Procedeu de obținere a fotodetectorului de radiație infraroșie în baza nanofirului de GaAs

(57) Rezumat:

1
Invenția se referă la optoelectronică, și anume la un procedeu de obținere a fotodetectorului de radiație infraroșie în baza nanofirului de GaAs.

Procedeu, conform invenției, constă în fabricarea nanofirelor de GaAs prin metoda de anodizare a unei plachete de n-GaAs dopate cu Si, cu concentrația electronilor de $2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ într-un electrolit de 1M HNO₃, timp de 20 minute, cu aplicarea tensiunii de 3V, după care placheta de GaAs cu nanofirele fabricate se supune tratării timp de 15 secunde într-o baie de ultrasunet cu etanol, ulterior câteva picături din suspensia de etanol cu nanofirele de GaAs se depun pe un suport de sticlă, care continuă cu evaporarea prin uscare a etanolului. În

2
continuare pe un nanofir de GaAs selectat pe suportul de sticlă prin metoda acoperirii prin centrifugare se depune un strat dublu de fotorezist, după care pe suport prin metoda litografiei cu fascicul laser se înscrie un desen cu structuri pentru contactele metalice. După dezvoltarea structurii prin pulverizarea magnetron pe capetele nanofirului de GaAs se depun contactele metalice cu caracteristici ohmice în formă de film de Cr de 50 nm și film de Au de 250 nm, apoi se înlătură fotorezistul la temperatura de 50°C.

Revendicări: 1

Figuri: 4

MD 4867 C1 2024.03.31

(54) Method for producing an infrared radiation photodetector based on GaAs nanowire

(57) Abstract:

1
The invention relates to optoelectronics, in particular to a method for producing an infrared radiation photodetector based on GaAs nanowire.

The method, according to the invention, consists in manufacturing GaAs nanowires by the method of anodizing a Si-doped n-GaAs wafer with an electron concentration of $2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ in 1M HNO_3 electrolyte, for 20 minutes, with the application of a voltage of 3V, after which the GaAs wafer with manufactured nanowires is subjected to treatment for 15 seconds in an ultrasonic bath with ethanol, after which a few drops of the ethanol suspension with GaAs nanowires are applied to a glass substrate, which continues with evaporation through dehydration of

2
ethanol. Next, a double layer of photoresist is applied to the selected GaAs nanowire on a glass substrate by the spin coating method, after which a pattern with structures for metal contacts is recorded on the substrate by the laser lithography method. After the structures are developed by magnetron sputtering, metal contacts with ohmic characteristics are deposited on the ends of the GaAs nanowire in the form of a Cr film of a thickness of 50 nm and an Au film of a thickness of 250 nm, then the photoresist is removed at a temperature of 50°C .

Claims: 1

Fig.: 4

(54) Способ получения фотоприемника инфракрасного излучения на основе нанонити GaAs

(57) Реферат:

1
Изобретение относится к оптоэлектронике, а именно к способу получения фотоприемника инфракрасного излучения на основе нанонити GaAs.

Способ, согласно изобретению, заключается в изготовлении нанонитей GaAs методом анодирования пластины n-GaAs, легированной Si, с концентрацией электронов $2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ в электролите 1M HNO_3 , в течение 20 минут, с приложением напряжения 3В, после чего пластину GaAs с изготовленными нанонитями подвергают обработке в течение 15 секунд в ультразвуковой ванне с этанолом, после чего несколько капель суспензии этанола с нанонитями GaAs наносят на стеклянную подложку, которая продолжается

2
испарением через осушивание этанола. Далее на выбранную нанонить GaAs на стеклянной подложке методом спинового покрытия наносят двойной слой фоторезиста, после чего на подложку методом лазерной литографии записывают рисунок со структурами для металлических контактов. После проявления структур магнетронным напылением на концы нанонити GaAs осаждают металлические контакты с омическими характеристиками в виде пленки из Cr толщиной 50 нм и пленки из Au толщиной 250 нм, затем удаляют фоторезист при температуре 50°C .

П. формулы: 1

Фиг.: 4

Descriere:

Invenția se referă la optoelectronică, și anume la un procedeu de obținere a fotodetectorului de radiație infraroșie în baza nanofirului de GaAs.

5 Este cunoscut un procedeu de obținere a fotodetectorului în baza unui nanofir de GaAs, care este crescut prin metoda epitaxiei cu fascicule moleculare. Acest fotodetector funcționează în configurația tranzistorului cu efect de câmp și este incorporat într-un design cu contacte de Cr/Au și cu un suport de siliciu cu un film de SiO₂, care joacă rolul de grilă a tranzistorului cu efect de câmp [1].

10 Neajunsul acestui procedeu constă în utilizarea tehnologiei de epitaxie cu fascicule moleculare pentru fabricarea nanofirului de GaAs, care este foarte costisitoare, și designului tranzistorului cu efect de câmp, care necesită utilizarea suporturilor speciale.

Mai este cunoscut un procedeu de obținere a fotodetectorului în baza unui nanofir de GaAs cu diametrul de 100 nm, care este crescut prin metoda de epitaxie chimică într-un proces vapor-lichid-solid, care poate servi ca analog proxim. Acest fotodetector constă din nanofirul de GaAs, un contact ohmic de Ga și un contact de oxid de zinc, dopat cu aluminiu, cu caracteristici de redresare. Fotodetectorul funcționează în configurația fotodiodei cu contact Schottky, fără suport special [2].

Dezavantajul fotodetectorului obținut prin acest procedeu constă în fotorăspunsul scăzut de ordinul a 1 mA·W⁻¹, un fotorăspuns cu două ordine de mărime mai înalt fiind necesar pentru utilizări reale ale fotodetecoarelor.

20 Problema pe care o rezolvă invenția propusă constă în elaborarea unui procedeu de obținere a unui fotodetector de radiație infraroșie cu fotorăspuns de ordinul a 100 mA·W⁻¹, care să poată fi incorporat pe o varietate largă de suporturi.

Esența invenției constă în faptul că procedeul de obținere a fotodetectorului de radiație infraroșie în baza nanofirului de GaAs, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate mai sus prin aceea că constă în fabricarea nanofirelor de GaAs prin metoda de anodizare a unei plachete de n-GaAs dopate cu Si, cu concentrația electronilor de 2·10¹⁸ cm⁻³ într-un electrolit de 1M HNO₃, timp de 20 minute, cu aplicarea tensiunii de 3V, după care placheta de GaAs cu nanofirele fabricate se supune tratării timp de 15 secunde într-o baie de ultrasunet cu etanol, ulterior câteva picături din suspensia de etanol cu nanofirele de GaAs se depun pe un suport de sticlă, care continuă cu evaporarea prin uscare a etanolului. În continuare pe un nanofir de GaAs selectat pe suportul de sticlă prin metoda acoperirii prin centrifugare se depune un strat dublu de fotorezist, după care pe suport prin metoda litografiei cu fascicul laser se înscrie un desen cu structuri pentru contactele metalice. După dezvoltarea structurii prin pulverizarea magnetron pe capetele nanofirului de GaAs se depun contactele metalice cu caracteristici ohmice în formă de film de Cr de 50 nm și film de Au de 250 nm, apoi se înlătură fotorezistul la temperatura de 50°C.

35 Rezultatul tehnic al invenției constă în obținerea unui fotodetector în baza unui nanofir de GaAs cu un fotorăspuns de 100 mA·W⁻¹ și o detectivitate de 1,2·10⁹ cm·Hz^{1/2}·W⁻¹ la puterea de excitare de 800 mW·cm⁻².

Avantajele procedurii de obținere a fotodetectorului în baza unui nanofir de GaAs față de alte fotodetecoare constă în faptul că fotorăspunsul acestuia este cu două ordine de mărime mai mare decât cel al analogului proxim, la aceeași densitate de excitare. Fotodetectorul este confecționat printr-o tehnologie cost-efectivă, fără utilizarea utilajului sofisticat și scump, totodată fotodetectorul poate fi incorporat pe o varietate largă de suporturi.

Invenția se explică prin desenele din fig. 1-4, care reprezintă:

45 - fig. 1, imaginea luată la microscopul electronic de scanare pe trei nanofire de GaAs cu diametrele de 400 nm, 270 nm și 200 nm, fabricate prin metoda de anodizare a unei plachete de n-GaAs;

- fig. 2, imaginea luată la microscopul optic a regiunilor deschise în fotorezist pe suportul de sticlă pentru depunerea contactelor de Cr/Au pe nanofirele selectate de GaAs, unde prin cifre sunt reprezentate: 1 – nanofirul de GaAs, 2 – suportul de sticlă, 3 – fotorezistul, înserată fiind fotografia câtorva nanofire de GaAs cu contacte de Cr/Au pe suportul de sticlă;

50 - fig. 3, caracteristicile volt-amperice ale trei fotodetecoare obținute în baza nanofirelor de GaAs cu diametrele de 400 nm (1), 270 nm (2) și 200 nm (3), măsurate la temperatura camerei, la întuneric (curba a) și la iluminare cu radiație infraroșie cu densitatea de excitare de 800 mW·cm⁻² (curba b);

55 - fig. 4, fotorăspunsul în funcție de timp măsurat la includerea și stingerea iluminării cu radiație infraroșie cu densitatea de excitare de 800 mW·cm⁻² a trei fotodetecoare obținute în baza nanofirelor de GaAs cu diametrul de 400 nm (1), 270 nm (2) și 200 nm (3).

Exemplu de realizare a invenției

Prin anodizarea plachetei de n-GaAs dopată cu Si cu concentrația electronilor de $2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ într-un electrolit de 1M HNO_3 , timp de 20 minute, cu aplicarea unei tensiuni de 3V au fost fabricate nanofire de GaAs, trei dintre care, cu diametrele de 400 nm, 270 nm și 200 nm (fig. 1), au fost selectate pentru fabricarea a trei fotodetectoare. Imaginile din fig. 1 au fost luate cu microscopul electronic de scanare TESCAN Vega TS 5130 MM.

Contactele metalice au fost depuse la nanofirele de GaAs utilizând litografia cu fascicul laser a unui instrument Lithography μPG 101 de la Heidelberg Instruments. După fabricarea nanofirelor pe placheta de GaAs prin anodizare, placheta de GaAs a fost supusă tratamentului timp de 15 secunde într-o baie de ultrasunet cu etanol. Ulterior, câteva picături din suspensia de etanol cu nanofirele de GaAs au fost depuse pe un suport de sticlă, după care etanolul a fost evaporat prin uscare. Un strat dublu de fotorezist (LOR 3B și ma-P 1205) a fost depus prin metoda acoperirii prin centrifugare pe suportul de sticlă cu nanofirele de GaAs și expus prin înscriere cu radiație laser de la instrumentul μPG 101 a unui desen cu structuri pentru contactele metalice cu dimensiuni de 1,5 mm x 1,5 mm. După dezvoltarea structurii au fost depuse prin pulverizarea magnetron, utilizând o instalație Torr International Inc model No: CRC622-2G2-RF-DC, contactele metalice în formă de un film de Cr de 50 nm și un film de Au de 250 nm. Ulterior, fotorezistul a fost înlăturat prin metoda lift-off cu un instrument Microposit 1165 la temperatura de 50°C . Ca rezultat a fost obținut designul ilustrat în fig. 2.

Caracteristicile volt-amperice prezentate în fig. 3 și curbele de relaxare a fotorăspunsului din fig. 4 au fost măsurate cu instrumentul Keithley's Series 2400, conectat la un calculator prin interfața IEEE-488. Excitarea fotodectoarelor a fost efectuată cu radiație de la o lampă de Xenon DKSS-150 trecută printr-un filtru optic pentru a selecta radiația infraroșie cu lungimi de undă de 700...2500 nm.

Fotorăspunsul fotodetectorului R este calculat conform formulei:

$$R = \frac{I_{photo} - I_{dark}}{P_{ill}} \quad (1),$$

unde I_{photo} este fotocurentul fotodetectorului, I_{dark} este curentul de întuneric, P_{ill} este puterea de iluminare pe fotodetector.

Detectivitatea fotodetectorului D^* este calculată conform formulei:

$$D^* = \frac{R\sqrt{A}}{\sqrt{2eI_{dark}}} \quad (2),$$

unde A este aria activă a fotodetectorului, iar e este sarcina electronului.

Parametrii determinați pentru trei fotodetectori fabricați în baza nanofirelor de GaAs cu lungimea de 20 μm , măsurați la polarizarea de 5 V sub excitare cu densitatea de iluminare de $800 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$ sunt prezentați în Tabelul 1.

Tabelul 1. Parametrii fotodectoarelor în baza nanofirelor de GaAs

Fotodetectorul în baza nanofirului de GaAs	Fotorăspunsul R , $\text{mA} \cdot \text{W}^{-1}$	Detectivitatea D^* , $\text{cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} \cdot \text{W}^{-1}$
Diametrul nanofirului de 400 nm	100	$1,2 \cdot 10^9$
Diametrul nanofirului de 270 nm	65	$0,8 \cdot 10^9$
Diametrul nanofirului de 200 nm	50	$1,0 \cdot 10^9$

Analiza datelor din Tabelul 1 arată că fotorăspunsul măsurat la tensiunea de 5 V crește de la $50 \text{ mA} \cdot \text{W}^{-1}$ până la $100 \text{ mA} \cdot \text{W}^{-1}$ cu creșterea diametrului nanofirului de la 200 nm până la 400 nm. Trebuie de menționat că, deoarece fotodetectorul funcționează în regimul de fotoconductor, fotocurentul crește linear cu creșterea polarizării. Astfel că la tensiunea de polarizare de 15 V fotorăspunsul este mai mare decât $100 \text{ mA} \cdot \text{W}^{-1}$ pentru toate trei fotodectoare fabricate. Detectivitatea este comparabilă cu cea măsurată la aceeași densitate de excitare de $800 \text{ mA} \cdot \text{W}^{-1}$ pentru fotodetectorul care funcționează în regimul tranzistorului cu efect de câmp [1]. Totodată, fotorăspunsul este cu două ordine de mărime mai mare decât cea a analogului proxim [2].

(56) Referințe bibliografice citate în descriere:

1. X. Chen, D. Wang, T. Wang, Z. Yang, X. Zou, P. Wang, W. Luo, Q. Li, L. Liao, W. Hu, Z. Wei. "Enhanced Photoresponsivity of a GaAs Nanowire Metal-Semiconductor-Metal Photodetector by Adjusting the Fermi Level", ACS Appl. Mater. Interfaces, 2019, 11, 36, 33188-33193
2. C. G. Nunez, A. F. Brana, N. Lopez, J. L. Pau, B. J. Garcia. Single GaAs nanowire based photodetector fabricated by dielectrophoresis. Nanotechnology, 2020, 31, 225604

(57) Revendicări:

Procedeu de obținere a fotodetectorului de radiație infraroșie în baza nanofirului de GaAs, care constă în fabricarea nanofirelor de GaAs prin metoda de anodizare a unei plachete de n-GaAs dopate cu Si, cu concentrația electronilor de $2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ într-un electrolit de 1M HNO₃, timp de 20 minute, cu aplicarea tensiunii de 3V, după care placheta de GaAs cu nanofirele fabricate se supune tratării timp de 15 secunde într-o baie de ultrasunet cu etanol, ulterior câteva picături din suspensia de etanol cu nanofirele de GaAs se depun pe un suport de sticlă, care continuă cu evaporarea prin uscare a etanolului, apoi pe un nanofir de GaAs selectat pe suportul de sticlă prin metoda acoperirii prin centrifugare se depune un strat dublu de fotorezist, după care pe suport prin metoda litografiei cu fascicul laser se înscrie un desen cu structuri pentru contactele metalice, iar după dezvoltarea structurii prin pulverizarea magnetron pe capetele nanofirului de GaAs se depun contactele metalice cu caracteristici ohmice în formă de film de Cr de 50 nm și film de Au de 250 nm, apoi se înlătură fotorezistul la temperatura de 50°C.

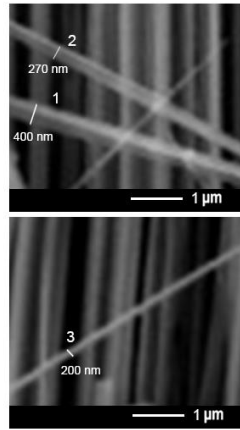


Fig. 1

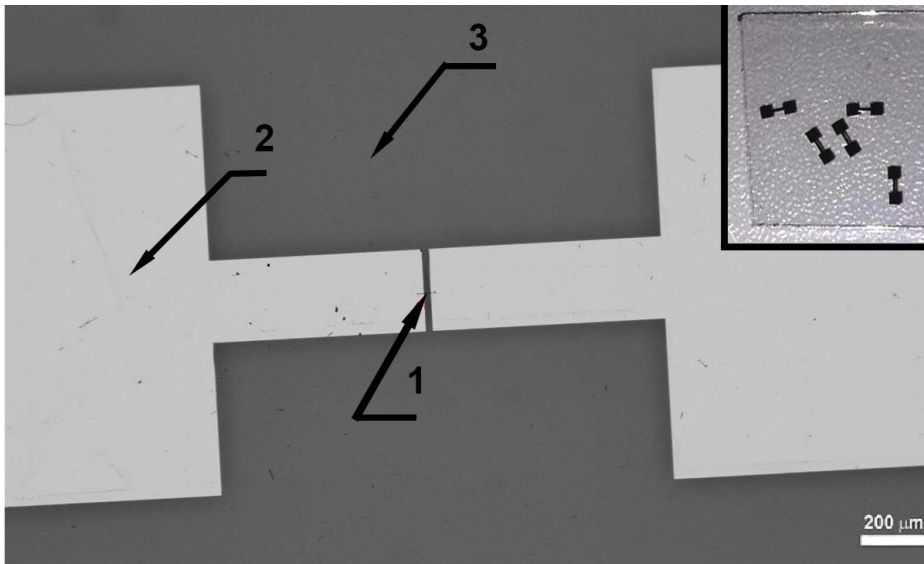


Fig. 2

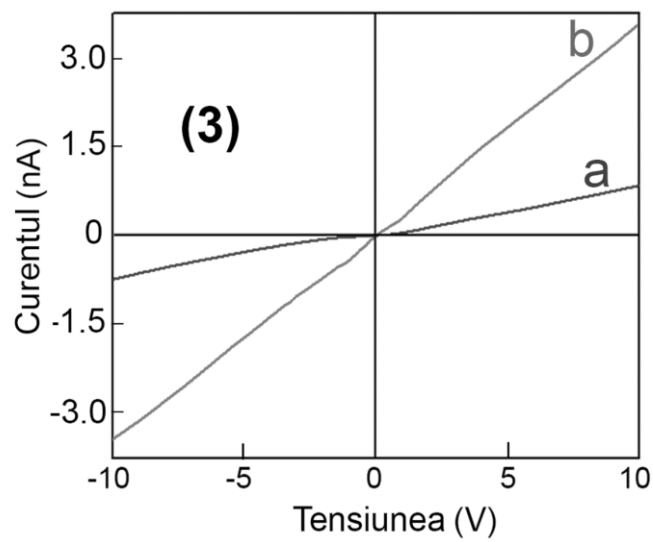
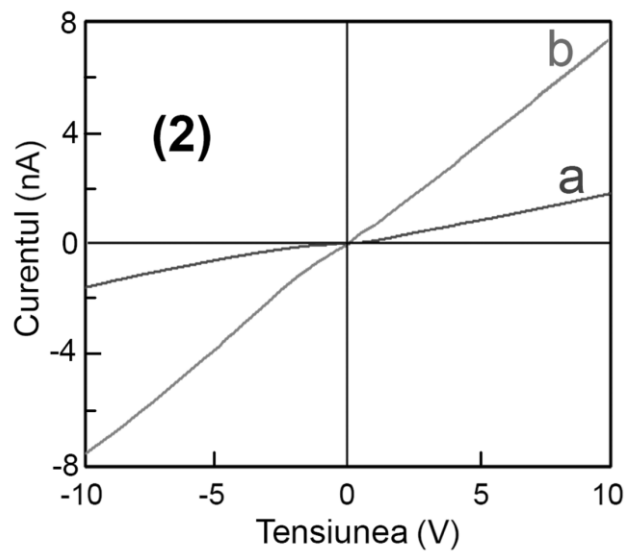
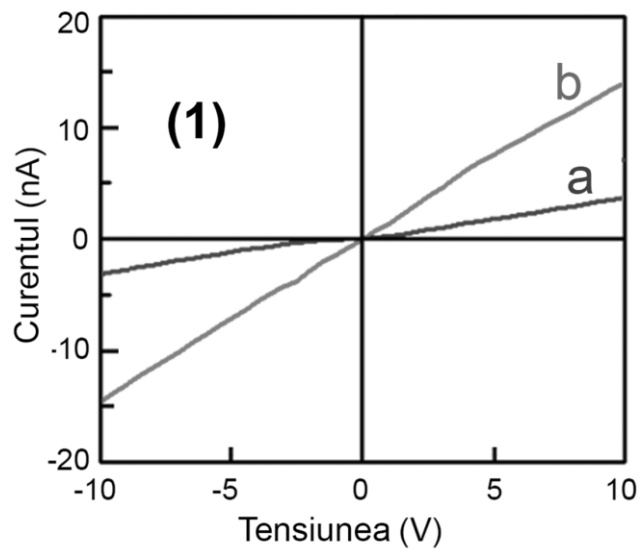


Fig. 3

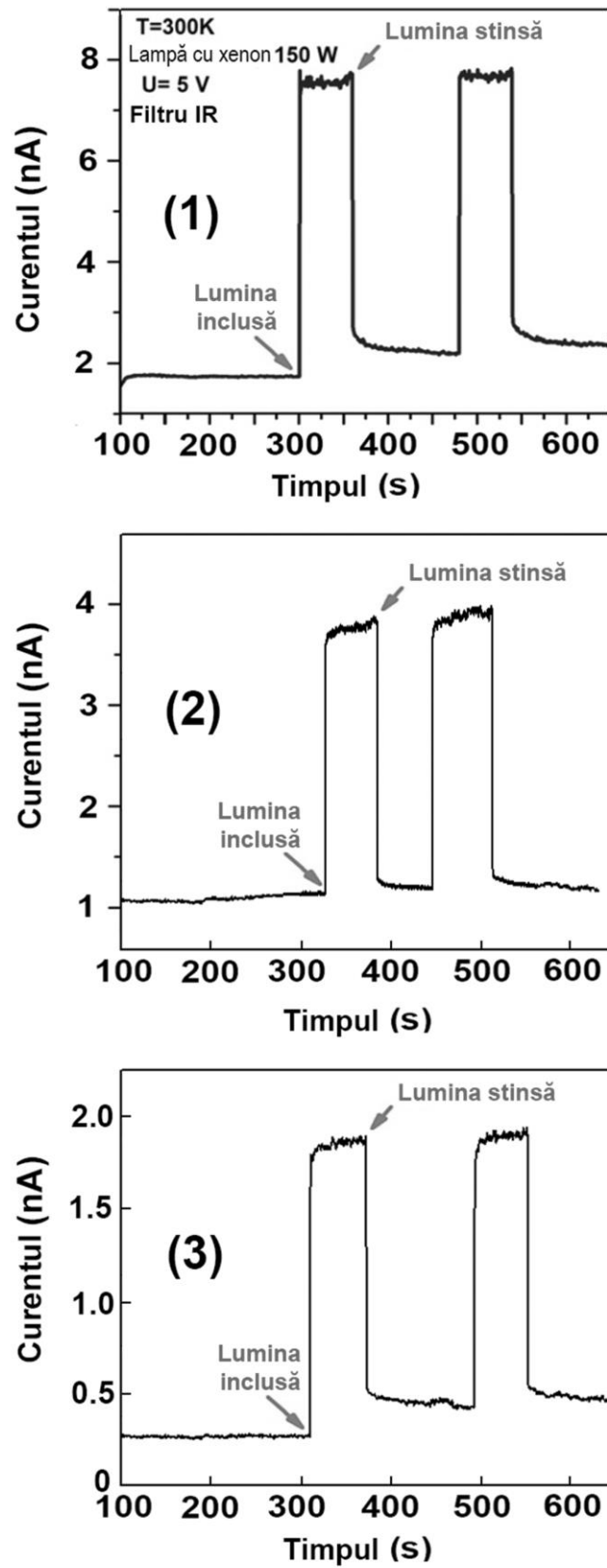


Fig. 4