

Propunerea de invenție se referă la Nanotehnologii cu Procesare Fototermică Rapidă (PFTR) pentru senzorii de gaze și alte dispozitive micro-nano-electronice, fotoelectrice, optice în baza semiconductorilor oxizi, oxizilor metalici, ca  $\text{CuO}_2$ ,  $\text{SrCu}_2\text{O}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SrTiO}$  și alte materiale.

Sunt cunoscute diferite tehnologii de obținere a senzorilor de gaze și altor dispozitive în baza peliculelor de semiconductori oxizi și a oxizilor metalici ca metodele chimice, electrochimice, sol-gel, presarea pulberilor de oxizi, epitaxia, evaporarea termică, pulverizarea magnetronică, depunerea chimică din fază de vapori, depunere sub pulsul laserului ori a fascicolului de electroni, oxidarea anodică și alte metode.

În Patentul US 6,294,374B1, feb. 2003, „Oxide thin film”, pelicule de  $\text{SrCu}_2\text{O}_2$  au fost obținute prin evaporarea componentelor sub influența razelor lase. În Patentul US, 4,574,264, mart 1986, „Thin film oxygen sensor with microheater”, peliculele de  $\text{TiO}_2$  au fost obținute prin metoda pulverizării cu aparatul RF. În Patentul US 5,271,821, decembrie 1993, „Oxygen sensor and method producing the same” sunt propuse structuri și metode de obținere a senzorilor pentru oxigen, utilizând metode de depunere a peliculelor de oxizi sensibile la oxigen-  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{SrO}$ ,  $\text{BaO}$  prin scufundarea substratului în soluția lichidă respectivă. În articolul S. Leopold și alți autori „Electrochemical deposition of cylindrical  $\text{Cu/Cu}_2\text{O}$  microstructures”, publicat în „Electrochimica Acta 47,2002, p. 4393-4397”, peliculele și structurile de  $\text{Cu-Cu}_2\text{O}$  au folosit obținute cu metode electrochimice. În articolul Won Jae Moon și alți autori „The CO and  $\text{H}_2$  gas selectivity of  $\text{CuO-doped SnO}_2\text{-ZnO}$  composite gas sensor”, PUBLICAT În „Sensors and Actuators B 87(2002) 464-470”, au fost obținute compozite și structuri  $\text{CuO-doped SnO}_2\text{-ZnO}$  prin metoda de amestec și presare a prafurilor de oxizi  $\text{CuO}$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{ZnO}$  până la presiunea de 200Mpa, sinterizate în sobă la temperatura de  $800^\circ\text{C}$  și timp de 3 ore;

în lucrarea Arijit Chowdhury și alți autori „Fast response characteristics with ultra-thin  $\text{CuO}$  islands on sputtered  $\text{SnO}_2$ ”, publicată în „Sensors and Actuators B93 (2003) 572-579” a fost utilizată tehnologia de pulverizare (sputter) pentru  $\text{SnO}_2$  și depunerea prin evaporare pentru  $\text{Cu}$ , oxidat la temperatura de  $300^\circ\text{C}$  timp de 20 min.

În toate aceste tehnologii suplimentar se utilizează și tratamentul termic în sobe pentru anumite scopuri – încălzire, uscare, calcinare, oxidare și alte procese. Însă aceste tehnologii nu conțin Procesarea Fototermică Rapidă (PFTR) ca parte componentă a procesului tehnologic de formare a proprietăților și caracteristicilor necesare ale senzorilor de gaze și altor dispozitive.

Procesarea Fototermică Rapidă (PFTR) constă în tratarea substanței date prin încălzirea fotonică în formă de impulsuri de lumină de scurtă durată. PFTR influențează asupra substanței date prin doi factori decisivi: factorul termic prin încălzire și factorul cuantic prin excitarea sistemului de electroni ai substanței date. Ca rezultat energia de activare a proceselor tehnologice scade radical. În acest caz procesele tehnologice pot fi realizate la temperaturi mai joase, în timp redus și cu o eficiență mai înaltă față de tratamentul termic în sobe, ca difuzia, reacțiile chimico-fizice, oxidarea și alte procese tehnologice din domeniul micro-nano-electronicii. Prin urmare, Procesarea Fototermică Rapidă (PFTR) poate fi decisivă în formarea proprietăților și caracteristicilor materialelor, senzorilor și a dispozitivelor micro-nano-electrice.

Scopul principal al invenției constă în integrarea Procesării Fototermice Rapide (PFTR) cu tehnologiile de producere a senzorilor și altor dispozitive, asigurând proprietăți noi, calitatea înaltă și reducerea esențială a costului senzorilor și altor dispozitive micro-nano-opto-lectronice,

Problema tehnologică și tehnică pe care o rezolvă invenția constă în:

lărgirea posibilităților funcționale ale nanotehnologiilor și sporirea eficienței de formare a proprietăților materialelor, senzorilor și altor dispozitive nanostructurate și nanocompozite din semiconductori-oxizi, oxizi metalici și alte materiale; mărirea sensibilității, selectivității și a rapidității reacției senzorilor de gaze, mărirea eficienței dispozitivelor micro-nano-opto-electronice, fotonice, optice și altor dispozitive; reducerea esențială a duratei proceselor tehnologice de producere, economisirea energiei și a materialelor necesare pentru producerea senzorilor și altor dispozitive.

Scopul formulat este atins prin faptul că:

Într-o variantă de realizare Nanotehnologia cu procesarea Fototermică Rapidă (PFTR) pentru senzori și alte dispozitive, care conține metodele chimice, electrochimice, sol-gel, presarea pulberilor de oxizi, epitaxia, evaporarea termică, pulverizarea magnetronică, depunerea chimică din fază de vapori, depunere sub pulsul laserului ori a fascicolului de electroni, oxidarea anodică și alte metode de obținere a materialelor, senzorilor și altor dispozitive, caracterizată prin aceea că Procesarea Fototermică Rapidă (PFTR), integrată ca parte componentă a proceselor tehnologice de producere ale senzorilor și altor dispozitive, asigură lărgirea posibilităților funcționale ale tehnologiilor și nanotehnologiilor și formarea proprietăților noi și a calității înalte ale senzorilor și altor dispozitive din semiconductori, semiconductori-oxizi, oxizi metalici, ca  $\text{ZnO}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{CuO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{SrTiO}_2$ ,  $\text{GaO}_2$  și alte materiale;

prin influența comună a factorilor termici și cuantici ai lumii se obține micșorarea energiei de activare și a temperaturii proceselor tehnologice de formare și modificare a morfologiei suprafeței peliculelor, nanostructurilor și nanocompozitelor de suprafață și volum, optimizarea proprietăților chimice, electrofizice, electrice, optice, fotoluminiscente și altor proprietăți ale materialelor, senzorilor și altor dispozitive;

asigură reducerea esențială a duratei și temperaturii proceselor tehnologice de producere, a consumului de energie și a materialelor pentru producerea senzorilor și altor dispozitive;

materialele senzoriale, senzorii și alte dispozitive, obținute prin nanotehnologia cu procesare fototermică rapidă (PFTR) în vacuu, aer ori în camera cu oxigen, gaze inerte ori amestecuri de gaze, conform unui program anumit, au priorități esențiale față de cele fără PFTR, ca regulă, sunt nanostructurate și nanocompozite, cu proprietăți noi și calitatea avansate, nivelul înalt al sensibilității, selectivității și a rapidității reacției senzorilor la gazele respective la temperaturi

relativ joase, inclusiv la temperatura camerei, prețul redus și simplitatea procesării fototermice rapide (PFTR), alte priorități.

În altă variantă de realizare Nanotehnologia cu Procesarea Fototermică Rapidă (PFTR) pentru senzori și alte dispozitive, care conține metodele chimice, electrochimice, sol-gel, presarea pulberilor de oxizi, epitaxia, evaporarea termică, pulverizarea magnetronică, depunerea chimică din fază de vapori, depunere sub pulsul laserului ori a fascicolului de electroni, oxidarea anodică și alte metode de obținere a materialelor, senzorilor și altor dispozitive, caracterizată prin aceea că Procesarea Fototermică Rapidă (PFTR), integrată cu metoda modificată de depunere chimică a peliculelor din soluții apoase, alcătuiește o tehnologie mixtă cu posibilități noi de producere a senzorilor și altor dispozitive din semiconductori, semiconductori-oxizi, oxizi metalici, ca ZnO, CuO, CuO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, SnO<sub>2</sub>, SrTiO<sub>2</sub>, GaO<sub>2</sub> și alte materiale; prin influența comună a factorilor termici și cuantici ai luminii se obține micșorarea energiei de activare, a temperaturii și duratei proceselor tehnologice, asigurând:

formarea morfologiei suprafeței peliculelor, nanostructurilor și nanocompozitelor de suprafață și volum, optimizarea proprietăților chimice, electrofizice, electrice, optice, fotoluminiscente și alte proprietăți, economisiri esențiale ale energiei și materialelor necesare pentru producerea senzorilor și altor dispozitive;

metoda de depunere chimică din soluții apoase pentru materialele de semiconductori, semiconductori-oxizi, oxizi metalici și alte materiale este modificată prin selectarea și optimizarea compoziției chimice ale soluțiilor apoase, prin selectarea și optimizarea concentrației impurităților; prin prezența luminii, preferabil ultravioletă; prin optimizarea temperaturii soluției în vremea depunerii chimice, prin optimizarea duratei și a numărului de scufundări ale substratului în soluția apoasă, prin optimizarea marșrutului tehnologic;

materialele, senzorii și alte dispozitive, obținute prin metoda modificată, dopate ori ne dopate cu una ori mai multe impurități, de tipul „n” ori de tipul „p”, în formă de pelicule, structuri, heterojoncțiuni și alte forme, supuse procesării fototermice rapide (PFTR) în vacuum, aer ori în camera cu oxigen, gaze inerte ori amestecuri de gaze, conform unui program anumit, devin nanostructurate și nanocompozite cu priorități noi și calitatea avansată, nivelul înalt al calității, sensibilității, selectivității și a rapidității reacției senzorilor la gazele respective la temperaturi relativ joase, inclusiv la temperatura camerei, și alte priorități ca prețul redus, simplitatea tehnologiei mixte cu procesarea fototermică rapidă (PFTR) și simplitatea echipamentului tehnologic.

În altă variantă de realizare Nanotehnologia cu Procesarea Fototermică Rapidă (PFTR) pentru senzori și alte dispozitive, conform r.2, caracterizată prin aceea că materialele senzoriale, obținute prin metoda modificată de depunere chimică a peliculelor pe substratul de dielectric ca sticla, pelicule de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> și alte materiale dielectrice, fiind supuse procesării fototermice noi și avansate, necesare pentru senzorii de gaze și alte dispozitive.

În altă variantă de realizare Nanotehnologia cu Procesare Fototermică Rapidă (PFTR) pentru senzori și alte dispozitive, conform r.2, caracterizată prin aceea că materialele senzoriale, obținute prin metoda modificată de depunere chimică a peliculelor pe substratul din materiale de semiconductori, semiconductori-oxizi, oxizi metalici, ca ZnO, CuO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, SrTiO<sub>2</sub>, SnO<sub>2</sub> și alte materiale, curate ori dopate cu una ori mai multe impurități, formând heterojoncțiuni de tipul p-n, n-p, n<sub>1</sub>-n<sub>2</sub>, p<sub>1</sub>-p<sub>2</sub>, de exemplu, pCuO – nSnO<sub>2</sub>, pCuO – nTiO<sub>2</sub>, ori heterojoncțiuni cu multe straturi, de exemplu, pCuO-SnO<sub>2</sub>-ZnO; ori materiale de semiconductori străvezii de tipul „p”, de exemplu, p-CuAlO<sub>2</sub>, p-SrCu<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, p-In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Ag<sub>2</sub>O, p-NiO, p-CrTiO<sub>2</sub>, ori materiale străvezii de tipul „n”, de exemplu, n-TaTiO<sub>2</sub>, n-SrZnO, n-AlZnO; ori heterojoncțiuni străvezii, de exemplu, pCuO – nTaTiO<sub>2</sub>, pCuO-nSrZnO, pCuO-nAlZnO și alte structuri, ori materiale conductoare străvezii cu conductibilitatea înaltă, de exemplu, InSnO, care fiind supuse Procesării Fototermice Rapide (PFTR), devin nanostructurate și nanocompozite cu calități, proprietăți și caracteristice noi și avansate ale senzorilor de gaze, sensibilitatea înaltă, selectivitatea mărită, timpul de reacție redus, temperatura de funcție scăzută, inclusiv până la temperatura camerei, cu preț redus și alte proprietăți noi pentru diferite dispozitive micro-nano-opto-electronice.

Originalitatea invenției constă în integrarea Procesării Fototermice Rapide (PFTR) cu metoda modificată de depunere chimică a peliculelor din soluții apoase și cu alte tehnologii și nanotehnologii, obținând proprietăți noi, calitatea înaltă și preț redus ale senzorilor de gaze și altor dispozitive; prin influența factorilor termici și cuantici ai procesării Fototermice Rapide (PFTR) pot fi formate și modificate morfologia suprafeței, nanostructurile, nanocompozițiile, heterojoncțiunile, rolul impurităților și al defectelor în rețeaua cristalină a materialelor, asigurând obținerea proprietăților și caracteristicilor noi ale senzorilor și altor dispozitive în baza semiconducturilor oxizi, oxizilor metalici și altor materiale.

Esența invenției constă în lărgirea posibilităților funcționale ale nanotehnologiilor și sporirea eficienței de formare a proprietăților materiale, senzorilor și altor dispozitive nanostructurate și nanocompozite din semiconductori, semiconductori-oxizi, oxizi metalici și alte materiale, mărirea sensibilității, selectivității și a rapidității reacției senzorilor de gaze, mărirea eficienței dispozitivelor micro-nano-opto-electronice, fotonice, optice și altor dispozitive, reducerea esențială a duratei proceselor tehnologice, consumului de energie și a materialelor necesare pentru producerea senzorilor și altor dispozitive prin:

integrarea procesării fototermice rapide (PFTR) cu procesele tehnologice de producere ale senzorilor și altor dispozitive, integrarea efectelor chimice și fizico-chimice ale proceselor tehnologice cu efectele fizice și fizico-chimice ale procesării fototermice rapide (PFTR), prin prezența luminii, preferabil ultravioletă; prin modificarea și completarea metodelor chimice de depunere a peliculelor de semiconductori-oxizi de metale și alte materiale, prin selectarea și optimizarea compoziției soluției chimice apoase și a impurităților de dopare, prin optimizarea temperaturii soluției chimice, prin selectarea substratului pe care se depun peliculele, prin optimizarea regimului, duratei și a numărului de scufundări a substratului în soluție prin optimizarea marșrutului tehnologic.

Avantajele invenției constau în:

Lărgirea posibilităților funcționale ale nanotehnologiilor și sporirea eficienței de formare a proprietăților materialelor, senzorialilor și altor dispozitive în baza semiconductorilor-oxizi, oxizilor metalici și altor materiale nanostructurate și nanocompozite, micșorarea temperaturii proceselor tehnologice în rezultatul diminuării energiei de activare sub influența factorilor cuantici și termici ai luminii, stimularea și accelerarea reacțiilor fizico-chimici în procesul de creștere a peliculelor, formarea morfologiei suprafeței peliculelor, a nanostructurilor și nanocompozitelor materialelor, senzorialilor și altor dispozitive, formarea proprietăților noi avansate, creșterea sensibilității, selectivității și rapidității reacției la gaze ale senzorialilor de gaze și ale altor dispozitive, micșorarea esențială a duratei proceselor tehnologice față de cele convenționale, economisiri esențiale de energie și materiale, simplitatea și costul redus al tehnologiei și echipamentului de realizare.

Nanotehnologia cu Procesarea Fototermică Rapidă (PFTR) poate fi considerată ca una dintre tehnologiile cele mai simple, precise și economice în energie, materiale și timp. Nanotehnologiei cu Procesarea Fototermică Rapidă (PFTR) pentru senzorialii și alte dispozitive în baza integrării metodei modificate de depunere chimică din soluții apoase și a procesării fototermice rapide (PFTR), asigură proprietăți noi avansate ale senzorialilor de gaze și ale altor dispozitive și cheltuieli reduse în energie, timp și materiale. Doparea materialelor senzorialilor cu una ori mai multe impurități și activizarea lor prin procesarea fototermică rapidă (PFTR), conform unui program anumit pentru fiecare material și impuritate, poate mări esențial eficiența, sensibilitatea, selectivitatea și rapiditatea de reacție a senzorialilor la gaze și a altor dispozitive micro-nano-opto-electronice.

Rezultatele obținute sunt confirmate prin diferite cercetări ale proprietăților senzorialilor de gaze obținute cu această tehnologie, ca: sensibilitatea, selectivitatea și rapiditatea reacției la diferite gaze, structura materialelor, proprietățile electrice, fotoelectrice, optice, caracteristicile speciale ale fotoluminescenței, etc.

În fig. 1 este prezentată dependența sensibilității senzorialului ZnO, dopat cu diferite impurități, față de concentrația gazului toxic NO<sub>2</sub>. Toate probele au fost supuse PFTR la temperatura de 580°C timp de 5s. Se observă că sensibilitatea senzorialului ZnO, dopat cu 10at.% Sn, crește odată cu creșterea concentrației gazului NO<sub>2</sub> până la nivelul de saturare. De asemenea se vede că sensibilitatea senzorialului ZnO, dopat cu Sn, este cu mult mai mare față de cele dopate cu alte impurități – Al, Cu, Pd. Sensibilitatea probelor fără PFTR a fost foarte slabă și nu este prezentată în fig.1.

În fig. 2. este prezentată diagrama răspunsului dinamic al senzorialului ZnO, dopat cu 10at.% Sn, la gazul toxic de 1,5ppmNO<sub>2</sub> la temperaturile de 100°C și 150°C. Toate probele au fost supuse PFTR la temperatura de 580°C timp de 5s. Se observă că timpul de reacție la temperaturile de 100°C și 150°C este aproximativ de 7-15 min. Sensibilitatea probelor fără PFTR a fost foarte slabă și nu este prezentată în fig.2.

În fig. 3 este prezentată dependența de temperatură a sensibilității senzorialului Cu<sub>2</sub>O față de gazul toxic 1,5ppm NO<sub>2</sub> până și după procesarea fototermică rapidă (PFTR) la temperatura de 350°C timp de 7sec. Se observă că sensibilitatea senzorialului de Cu<sub>2</sub>O față de gazul toxic de 1,5ppmNO<sub>2</sub> după procesarea fototermică rapidă (PFTR) este cu mult mai mare comparativ cu valoarea inițială de până la tratament. De asemenea se observă că senzorialul de Cu<sub>2</sub>O este sensibil față de gazul toxic 1,5ppmNO<sub>2</sub> la temperatura camerei și această sensibilitate crește cu mărirea temperaturii, atingând valoarea maximală la temperatura în jurul de 150°C.

În fig. 4 este prezentată dependența sensibilității senzorialului Cu<sub>2</sub>O de concentrația gazului toxic NO<sub>2</sub>, înainte și după procesarea fototermică rapidă (PFTR) la temperaturile de 300°C și 350°C, timp de 7s. Se observă că sensibilitatea senzorialilor de Cu<sub>2</sub>O la gazul NO<sub>2</sub>, supuși procesării fototermice rapide (300°C și 350°C, 7s), este cu mult mai mare față de senzorialii fără PFTR pentru diferite concentrații. Creșterea sensibilității cu creșterea concentrației de NO<sub>2</sub> este mai mare pentru senzorialii cu procesarea fototermică rapidă (PFTR) față de cei fără procesare.

În alte experiențe s-a constatat că procesarea fototermică rapidă (PFTR) mărește esențial și selectivitatea față de diferite gaze și micșorează timpul de reacție la gaze, fiind de 3-10min pentru gazul NO<sub>2</sub>, de 10-30 sec pentru amoniu și de 5-20 sec pentru fum.

Aceste date ne dovedesc că în baza Nanotehnologiei cu Procesare Fototermică Rapidă (PFTR), propuse în această invenție, pot fi produși senzorialii în baza semiconductorilor oxizi de Cu<sub>2</sub>O, ZnO și alte materiale, sensibile la gaze toxice la temperaturi relativ joase, inclusiv la temperatura camerei, cu rapiditatea de reacție înaltă de 5-20sec.

În continuare sunt prezentate unele exemple de realizări ale senzorialilor de gaze în baza tehnologiei propuse.

*Exemplu 1.* Senzor de ZnO dopat cu Sn

Variantă realizată: pelicula de ZnO a fost obținută prin metoda modificată de depunere chimică din soluții apoase; au fost amestecate soluțiile de ZnSO<sub>4</sub>, NaOH și Na<sub>2</sub> SnO<sub>3</sub> în concentrații de 0.5M, 6M și 0.2M respectiv; soluția finală a fost dizolvată în apa deionizată până la concentrația de 0.11M; substratul de sticlă simplă după curățirea chimică cu acidul clorhidric, urmată de spălarea în apa distilată, curățită în acid cromic și clătită în apa deionizată și în final prelucrată cu acetonă și/sau alcool etilic, a fost scufundat în baia cu soluția finală la temperatura de 97°C timp de 5sec; după depunerea peliculei foarte subțiri, probele au fost spălate în apa deionizată la temperatura camerei timp de 10s, apoi în apa deionizată la temperatura de 97°C timp de 5s, apoi în apa deionizată la temperatura camerei timp de 10s; după depunere peliculele au fost supuse uscării la temperatura de 200°C în aer. Ciclul de scufundări poate fi repetat pentru a obține grosimea necesară a peliculei, reieșind din condiția că un ciclu asigură grosimea de aproximativ 5-10 nm. În cazul nostru pentru senzorialul de NO<sub>2</sub> au fost suficiente 75 de scufundări, obținând pelicule cu grosimea de 700nm; contactele ohmice au fost utilizate prin depunerea Al. Senzorialii obținuți până la procesarea fototermică rapidă (PFTR) aveau o sensibilitate la gazul toxic NO<sub>2</sub> foarte scăzută; numai în rezultatul PFTR, conform unui regim anumit, ele au obținut proprietăți de senzor cu sensibilitatea înaltă și reacția rapidă, după cum se vede din fig. 1 și fig. 2.

*Exemplu 2. Senzor de Cu<sub>2</sub>O*

Varianta realizata: pelicula de Cu<sub>2</sub>O a fost obtinuta prin metoda modificata de depunere chimica din solutii apoase; au fost amestecate solutiile 1.1MCuSO<sub>4</sub>, 1.1MNa<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> si NaOH si obtinuta solutia finala 3Cu<sub>2</sub>SO<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dizolvata in apa deionizata pana la concentratia de 0,45M; substratul de sticla Corning dupa curatire ca in Exemplu 1, a fost scufundat in baia cu solutia finala la temperatura de 75°C timp de 5 sec; dupa depunerea peliculei foarte subtiri, probele au fost spalate in apa deionizata si uscate prin incalzirea cu un jet de aer la 150°C timp de 5 min; peliculele au fost supuse PFTR la 300°C timp de 80 sec, contactele ohmice au fost depuse de Al ori de Cu.

Senzorii obtinuti pana la procesarea fototermica rapida (PFTR) aveau o sensibilitate la gazul toxic NO<sub>2</sub> foarte scazuta; numai in rezultatul PFTR, conform unui regim anumit, ele au obtinut proprietati de senzori cu sensibilitatea inalta si reactia rapida, dupa cum se vede din fig. 3 si fig. 4.

*Exemplu 3. Senzor cu jonctiune Cu<sub>2</sub>O/ZnOSn*

Varianta realizata: Senzorul cu jonctiune Cu<sub>2</sub>O/ZnOSn a fost elaborat conform proceselor tehnologice, descrise in exemplele 1 si 2: la inceput a fost depusa pelicula de ZnO, dopat cu Sn, conform Exemplului 1, apoi a fost depusa pelicula de Cu<sub>2</sub>O ori Cu<sub>2</sub>O ori CuO, conform Exemplului 2.

Senzorii obtinuti pana la procesarea fototermica rapida (PFTR) aveau o sensibilitate la gazul toxic NO<sub>2</sub> foarte scazuta; numai in rezultatul PFTR, conform unui regim anumit, ele au obtinut proprietati de senzor cu sensibilitatea inalta si reactia rapida, ca in cazurile 1 si 2.

Aceste date ne dovedesc ca in baza Nanotehnologiei cu Procesare Fototermica Rapida (PFTR), propuse in aceasta inventie, pot fi produși senzori in baza semiconductorilor oxizi de Cu<sub>2</sub>O, ZnO si alte materiale, sensibile la gaze toxice la temperaturi relativ joase, inclusiv la temperatura camerei, cu rapiditatea de reactie inalta de 5-20sec.