



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00393

(22) Data de depozit: 08/07/2022

(41) Data publicării cererii:  
30/01/2024 BOPI nr. 1/2024

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
FIZICA LASERILOR, PLASMEI ȘI  
RADIAȚIEI, STR. ATOMIȘTILOR NR. 409,  
MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:  
• VIESPE CRISTIAN, STR.DORNEASCA  
NR.4, BL.P 64, SC.3, AP.86, SECTOR 5,  
BUCUREȘTI, B, RO;

• MIU DANA MARIA, STR. PROMETEU  
NR. 28-32, BL. 14F, SC. 2, AP. 18,  
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;  
• ENACHE CORNELIA, STR.LUICĂ, NR.23,  
BL.M1, SC.1, ET.1, AP.9, SECTOR 4,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• CONSTANTINOIU IZABELA,  
STR.STROIEȘTI, NR.13, COM.BERTEA,  
PH, RO

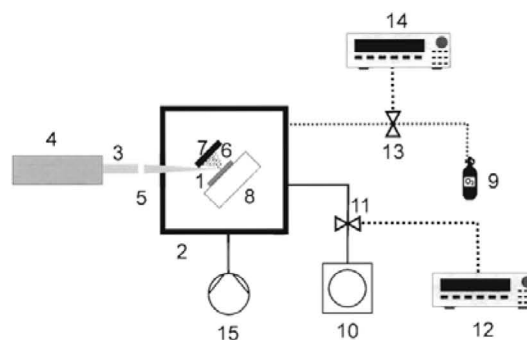
Această publicație include și modificările descrierii,  
revendicărilor și desenelor depuse conform art. 35 alin.  
(20) din HG nr. 547/2008

(54) **PROCEDEU DE OBTINERE A FILMELOR DE ZNO  
CU SUPRAFAȚĂ SPECIFICĂ MARE PENTRU SENZOR  
DE UMIDITATE CU UNDE ACUSTICE DE SUPRAFAȚĂ  
(SUAS)**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de obținere a unor straturi subțiri de ZnO poroase, cu suprafața specifică mare, utilizabile ca straturi senzitive în senzori cu sensibilitate îmbunătățită la umiditate, de tip senzor cu unde acustice de suprafață SUAS, realizate prin depunere cu un laser funcționând în pulsuri cu durata de ordinul picosecundelor. Procedeu conform invenției constă în iradierea unei ținte (1) de ZnO, plasată într-o incintă (2) cu atmosferă controlată, cu un fascicul (3) provenit de la un laser (4) care funcționează în pulsuri de picosecunde, materialul (6) rezultat în urma ablației laser a țintei (1) fiind depus direct pe suprafața unui senzor SUAS (7) sub forma unui strat sensibil poros, în prezența oxigenului provenit de la o butelie (9), la o presiune care conduce la obținerea unor filme nanoporoase.

Revendicări inițiale: 1  
Revendicări amendate: 1  
Figuri: 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).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr. ....	a 2022 00 393
Data depozit .....	08-07-2022

### Descrierea invenției

## Procedeu de obținere a filmelor de ZnO cu suprafață specifică mare pentru senzor de umiditate cu unde acustice de suprafață (SUAS)

**Invenția se referă la** un procedeu de obținere a unor straturi subțiri de ZnO poroase, cu suprafață specifică mare, utilizabile ca straturi senzitive în senzori de umiditate de tip SUAS (senzor cu unde acustice de suprafață), bazat pe depunere laser, utilizând un laser funcționând în pulsuri cu durata de ordinul picosecundelor.

Domeniile de aplicabilitate ale senzorilor de umiditate sunt numeroase: monitorizare în diverse echipamente medicale (echipamente medicale respiratorii, sterilizatori, incubatoare, etc), procesare farmaceutică, procesare în domeniul industrial (de exemplu, în industria circuitelor integrate), monitorizarea mediului, etc. Sensibilitatea senzorilor de umiditate SUAS crește puternic odată cu suprafața specifică a stratului senzitiv. ZnO este utilizat ca strat senzitiv datorită posibilității obținerii unor structuri cu suprafața specifică mare cum ar fi de exemplu nanocoloane [1,2], sfere coloidale [3], nanopereți [4], etc. Obținerea acestor structuri necesită însă procedee complexe, cu multe etape succesive, ca de exemplu metode chimice de auto-asamblare [3] sau combinații de metode chimice și pulverizare catodică [5]. Utilizarea unui laser de picosecunde pentru producerea unui strat subțire de ZnO conduce la un strat extrem de poros, cu suprafața specifică mare, într-o singură etapă. Utilizat ca strat senzitiv într-un senzor de umiditate de tip SUAS, stratul de ZnO obținut prin procedeul care utilizează un laser de picosecunde are o sensibilitate mărită, față de senzori de umiditate bazați pe straturi subțiri de ZnO obținuți prin alte metode decât cele laser, sau față de cele care utilizează laseri cu pulsuri de nanosecunde.

**Sunt cunoscute procedee de fabricare** de straturi subțiri de ZnO cu suprafața specifică mare sub formă de nanocoloane [1, 2], sau sfere coloidale [3].

**Aceste procedee prezintă dezavantajul** complexității și al necesității mai multor etape intermediare.

**Sunt cunoscute procedee de fabricare** de straturi subțiri poroase de ZnO pentru senzori de umiditate de tip SUAS bazate pe metode chimice [5].

**Aceste procedee prezintă o serie de dezavantaje.** Procedeele chimice utilizează precursori, ceea ce conduce la generarea de impurități și produși secundari care trebuie ulterior eliminați.

Procedeele chimice sunt complexe și de durată lungă, deoarece necesită o serie de etape intermediare.

**Sunt cunoscute procedee de fabricare** de straturi subțiri de ZnO pentru senzori de umiditate de tip SUAS bazate pe pulverizare catodică [6].

**Aceste procedee prezintă dezavantajul** că straturile produse nu sunt foarte poroase, datorită presiunii de lucru limitate inerente pulverizării catodice. Straturile produse fiind sub formă de insule de material relativ compacte, insuficient de poroase, senzorii în care sunt înglobați au răspunsuri la umidități de ordinul zecilor de kHz.

**Sunt cunoscute procedee de fabricare** de senzori SUAS bazate pe depunere cu laseri cu durate ale pulsurilor de ns.

**Aceste procedee prezintă dezavantajul** că nu produc straturi senzitive poroase decât dacă se utilizează presiuni de depunere ridicate.

**Scopul invenției este de a elabora** un procedeu laser de obținere a unui strat de ZnO poros, cu suprafață specifică mare, utilizabil ca strat senzitiv pentru senzori de umiditate de tip SUAS, având o sensibilitate mare la umiditate, fără generarea de produși secundari, utilizând o singură etapă de fabricare a stratului senzitiv (one-step).

**Procedeul conform invenției înlătură dezavantajele menționate mai sus** prin aceea că stratul senzitiv de ZnO este depus utilizând un laser cu pulsuri de picosecunde. Depunerea unui strat nanoporos de ZnO cu suprafața specifică mare înlătură problema complexității obținerii altor tipuri de structuri de ZnO cu suprafața specifică mare, prin utilizarea unui procedeu ce necesită o singură etapă de depunere. Depunerea laser înlătură problema impurității și a produșilor secundari, precum și aceea a necesității mai multor etape succesive, prin aceea că este un procedeu curat, direct, în care stratul este obținut într-o singură etapă. Depunerea cu un laser cu picosecunde produce straturi senzitive cu porozitate ridicată, care conduc la o sensibilitate la umiditate mărită a senzorilor SUAS în care sunt încorporate, atingând răspunsuri de ordinul 6-7 MHz la o umiditate relativă de 80 %. Aceste valori sunt de câteva ori mai mari decât răspunsul senzorilor SUAS având straturi de ZnO cu suprafața specifică mare pe bază de nanofire, 2 MHz la 90 % umiditate relativă [5].

**Problemele pe care le rezolvă invenția** sunt îmbunătățirea sensibilității senzorilor de tip SUAS la umiditate, utilizând un film nanoporos de ZnO cu suprafață specifică mare, realizat prin depunere laser pulsată utilizând un laser de picosecunde. După cum este evidențiat în imaginile SEM ale suprafeței straturilor senzitive de ZnO obținute prin metoda descrisă, se obțin straturi sub formă de aglomerări de nanoparticule care ocupă zone mari (circa 40%) din suprafață, pe când cele depuse cu un laser de ns constau în nanoparticule care prezintă o

împachetare densă. Prin această metodă se obțin filme cu porozitate ridicată, prin urmare și cu suprafață specifică ridicată, direct, într-o singură etapă. Datorită porozității ridicate a filmului este îmbunătățită capacitatea acestora de absorbție a moleculelor de apă, măbind efectul masic care contribuie la detecția umidității în senzorii de tip SUAS, crescând astfel sensibilitatea senzorilor. Prin utilizarea ZnO este totodată îmbunătățită sensibilitatea senzorilor și prin mărirea efectului acustoelectric, care contribuie de asemenea la detecția umidității în senzorii SUAS, prin modificarea conductivității electrice a ZnO în prezența vaporilor de apă. Modificarea conductivității electrice se produce prin creșterea numărului de electroni liberi odată cu creșterea umidității relative, în urma reacției vaporilor de apă cu atomii de Zn din rețea.

**Procedul, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:**

- permite obținerea unui strat poros de ZnO, cu suprafață specifică mare, conducând la o sensibilitate ridicată a senzorului de umiditate SUAS în care este încorporat;
- permite obținerea unui strat senzitiv cu suprafață specifică mare sub forma unui strat poros de ZnO, printr-un procedeu relativ simplu, fără etapele suplimentare complexe necesare pentru obținerea altor tipuri de straturi cu suprafață specifică mare, cum sunt nanocoloanele sau sferile coloidale;
- permite obținerea unui strat senzitiv poros într-o singură etapă, fără să fie necesare etape intermediare și fără să se genereze produse secundare care trebuie ulterior eliminate, ca în cazul procedeelor chimice;
- permite obținerea unei sensibilități ridicate la umiditate a senzorului SUAS, prin utilizarea ZnO, la care reacția cu vaporii de apă conduce și la un răspuns la umiditate prin efectul acustoelectric, care se adaugă efectului masic.

**Conform procedului conform invenției** de obținere a filmelor de ZnO cu suprafață specifică mare pentru senzori de umiditate cu unde acustice de suprafață, stratul sensibil al senzorului SUAS este obținut direct prin depunere cu un laser cu pulsuri de ordinul picosecundelor. Depunerea se face la temperatura camerei la o presiune de oxigen de 700 mTorr, rezultând un strat de ZnO poros, cu suprafața specifică mare. Aceasta conduce la proprietăți îmbunătățite ale senzorului SUAS de umiditate în care este încorporat ca strat senzitiv.

**Procedul conform invenției constă în** iradierea unei ținte de ZnO (1), plasată într-o incintă cu atmosfera controlată (2), cu un fascicul (3) provenit de la un laser (4) care funcționează în pulsuri de picosecunde. Fasciculul laser este focalizat cu ajutorul unei lentile (5) pe suprafața țintei (1). Materialul (6) care rezultă în urma ablației laser a țintei (1) se depune direct pe suprafața unui senzor SUAS (7) sub forma unui strat sensibil poros. Ținta (1) este deplasată în timpul iradierii pentru a evita separarea ei, care ar conduce la generarea unei morfologii

necorespunzătoare a stratului depus, prin intermediul unor masuțe de translație x-y (8), cu ajutorul unui controller, conectat la un calculator. Ablajia țintei se face în prezența oxigenului provenit de la o butelie (9), la o presiune care conduce la obținerea unor filme nanoporoase.

**Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a procedurii de obținere a unor straturi subțiri de ZnO poroase, cu suprafața specifică mare, utilizabile ca straturi senzitive în senzori de umiditate de tip SUAS, conform invenției, în legătură cu figura 1.**

- Figura 1, schema dispozitivului experimental de obținere prin ablație laser cu pulsuri laser de picosecunde a filmelor nanoporoase de ZnO pentru senzori de umiditate de tip SUAS.

Referitor la figura 1, procedeul de obținere prin ablație laser cu pulsuri laser de picosecunde a filmelor nanoporoase de ZnO pentru senzori de umiditate presupune următoarele:

- Se iradiază o țintă de ZnO (1) plasată într-o incintă (2) cu un fascicul (3) provenit de la un laser pulsant (4), fascicul care este focalizat cu ajutorul unei lentile (5).
- Laserul (4) are o durată a pulsurilor de picosecunde, care asigură o porozitate ridicată a filmului de ZnO depus, o putere de 0,2 W, și funcționează cu o rată de repetiție a pulsurilor de 10 kHz.
- Ablajia se produce într-o atmosferă de oxigen la presiunea de 700 mTorr, care asigură formarea unui strat poros, cu suprafață specifică mare. Presiunea gazului este controlată prin intermediul unui sistem care include o pompă de vid preliminar (10) al carei debit este reglat prin intermediul unei valve (11) controlată de un controller (12), și de o valvă (13) care controlează fluxul de gaz, montată pe butelia de gaz (9) și controlată de un controller (14). Înainte de depunerea filmului, incinta este vidată cu ajutorul unei pompe de vid înalt (15).
- Materialul produs prin ablația laser a țintei este depus direct pe suprafața unui senzor SUAS (7), în zona dintre electrozii interdigitali. Senzorul este plasat la o distanță de 4 cm de țintă, având suprafața paralela cu cea a țintei.
- Depunerea stratului de ZnO se face la temperatura camerei.

#### Bibliografie

1. H.-S. Hong, D.-T. Phan, G.-S. Chung, „High-sensitivity humidity sensors with ZnO nanorods based on two-port surface acoustic wave delay line”, *Sensors and Actuators B* 171-172 (2012) 1283-1287.
2. J.V. Kennedy, R.J. Futter, F. Fang, A. Markwitz, „Zinc oxide nanostructures and sensors using zinc oxide nanostructures” Brevet US 2012/0091451.

3. J. Xie, H. Wang, Y. Lin, Y. Zhou, Y. Wu, „Highly sensitive humidity sensor based on quartz crystal microbalance coated with ZnO colloid spheres”, *Sensors and Actuators B* 177 (2013) 1083-1088.
4. Li, C., Yu, L., Fan, X., Yin, M., Nan, N., Cui, L., Ma, S., Li, Y., Zhang, B., Nucleation density and pore size tunable growth of ZnO nanowalls by a facile solution approach: Growth mechanism and NO<sub>2</sub> gas sensing properties, *RSC Advances* 10, (2020) 3319-3328.
5. J. Wu, C. Yin, H. Li, Y. Liu, Y. Shen, S. Garner, Y. Fu, H. Duan, “Ultrathin Glass-Based Flexible, Transparent, and Ultrasensitive Surface Acoustic Wave Humidity Sensor with ZnO Nanowires and Graphene Quantum Dots”*ACS Applied Materials and Interfaces* (2020), 12, 39817-39825.
6. Z. Xu, Z. Li, “Design and fabrication of ZnO-based SAW sensor using Low Power Homo-Buffer Layer for Enhanced Humidity Sensing” *IEEE Sensor Journal* 21(6) (2021) 7428-7433.

**Revendicări**

1. Procedul de obținere a unor straturi subțiri de ZnO poroase, cu suprafața specifică mare, utilizabile ca straturi senzitive în senzori de umiditate de tip SUAS (senzor cu unde acustice de suprafață), caracterizat prin aceea că depunerea stratului de ZnO se face direct prin depunere laser, utilizând un laser funcționând în pulsuri cu durata de ordinul picosecundelor.

## Desen explicativ

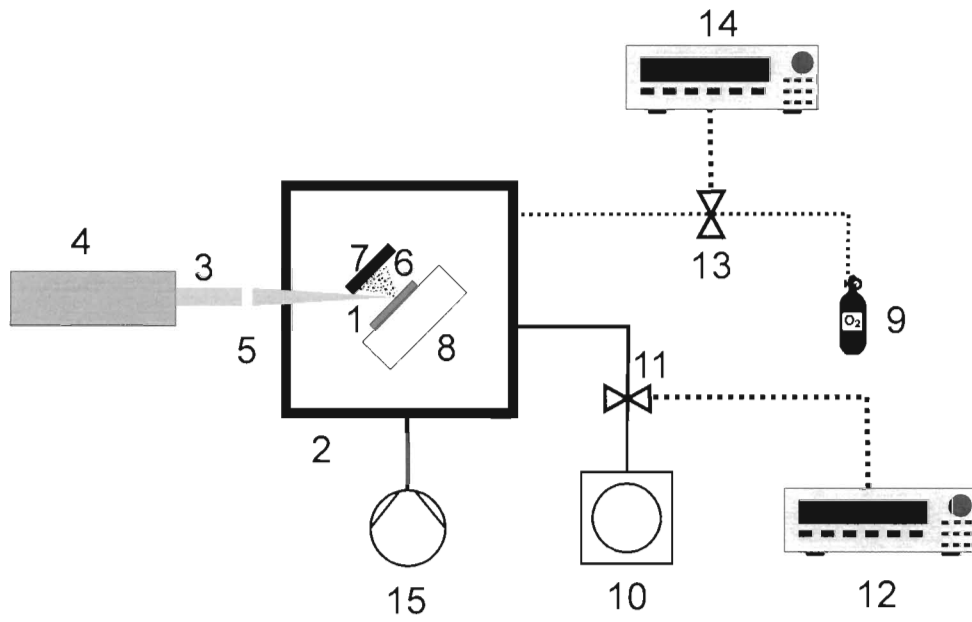


Figura 1



### Descrierea invenției

## Procedeu de obținere a filmelor de ZnO cu suprafață specifică mare pentru senzor de umiditate cu unde acustice de suprafață (SUAS)

**Invenția se referă la** un procedeu de obținere a unor straturi subțiri de ZnO poroase, cu suprafață specifică mare, utilizabile ca straturi senzitive în senzori de umiditate de tip SUAS (senzor cu unde acustice de suprafață), bazat pe depunere laser, utilizând un laser funcționând în pulsuri cu durata de ordinul picosecundelor.

Domeniile de aplicabilitate ale senzorilor de umiditate sunt numeroase: monitorizare în diverse echipamente medicale (echipamente medicale respiratorii, sterilizatori, incubatoare, etc), procesare farmaceutică, procesare în domeniul industrial (de exemplu, în industria circuitelor integrate), monitorizarea mediului, etc. Sensibilitatea senzorilor de umiditate SUAS crește puternic odată cu suprafața specifică a stratului senzitiv. ZnO este utilizat ca strat senzitiv datorită posibilității obținerii unor structuri cu suprafața specifică mare cum ar fi de exemplu nanocoloane [1,2], sfere coloidale [3], nanopereți [4], etc. Obținerea acestor structuri necesită însă procedee complexe, cu multe etape succesive, ca de exemplu metode chimice de auto-asamblare [3] sau combinații de metode chimice și pulverizare catodică [5]. Utilizarea unui laser de picosecunde pentru producerea unui strat subțire de ZnO conduce la un strat extrem de poros, cu suprafața specifică mare, într-o singură etapă. Utilizat ca strat senzitiv într-un senzor de umiditate de tip SUAS, stratul de ZnO obținut prin procedeul care utilizează un laser de picosecunde are o sensibilitate mărită, față de senzori de umiditate bazați pe straturi subțiri de ZnO obținuți prin alte metode decât cele laser, sau față de cele care utilizează laseri cu pulsuri de nanosecunde.

**Sunt cunoscute procedee de fabricare** de straturi subțiri de ZnO cu suprafața specifică mare sub formă de nanocoloane [1, 2], sau sfere coloidale [3].

**Aceste procedee prezintă dezavantajul** complexității și al necesității mai multor etape intermediare.

**Sunt cunoscute procedee de fabricare** de straturi subțiri poroase de ZnO pentru senzori de umiditate de tip SUAS bazate pe metode chimice [5].

**Aceste procedee prezintă o serie de dezavantaje.** Procedelee chimice utilizează precursori, ceea ce conduce la generarea de impurități și produși secundari care trebuie ulterior eliminați.

Procedeele chimice sunt complexe și de durată lungă, deoarece necesită o serie de etape intermediare.

**Sunt cunoscute procedee de fabricare** de straturi subțiri de ZnO pentru senzori de umiditate de tip SUAS bazate pe pulverizare catodică [6].

**Aceste procedee prezintă dezavantajul** că straturile produse nu sunt foarte poroase, datorită presiunii de lucru limitate inerente pulverizării catodice. Straturile produse fiind sub formă de insule de material relativ compacte, insuficient de poroase, senzorii în care sunt înglobați au răspunsuri la umidități de ordinul zecilor de kHz.

**Sunt cunoscute procedee de fabricare** de senzori SUAS bazate pe depunere cu laseri cu durate ale pulsurilor de ns.

**Aceste procedee prezintă dezavantajul** că nu produc straturi senzitive poroase decât dacă se utilizează presiuni de depunere ridicate.

**Scopul invenției este de a elabora** un procedeu laser de obținere a unui strat de ZnO poros, cu suprafață specifică mare, utilizabil ca strat senzitiv pentru senzori de umiditate de tip SUAS, având o sensibilitate mare la umiditate, fără generarea de produși secundari, utilizând o singură etapă de fabricare a stratului senzitiv (one-step).

**Procedeul conform invenției înlătură dezavantajele menționate mai sus** prin aceea că stratul senzitiv de ZnO este depus utilizând un laser cu pulsuri de picosecunde. Depunerea unui strat nanoporos de ZnO cu suprafața specifică mare înlătură problema complexității obținerii altor tipuri de structuri de ZnO cu suprafața specifică mare, prin utilizarea unui procedeu ce necesită o singură etapă de depunere. Depunerea laser înlătură problema impurității și a produșilor secundari, precum și aceea a necesității mai multor etape succesive, prin aceea că este un procedeu curat, direct, în care stratul este obținut într-o singură etapă. Depunerea cu un laser cu picosecunde produce straturi senzitive cu porozitate ridicată, care conduc la o sensibilitate la umiditate mărită a senzorilor SUAS în care sunt încorporate, atingând răspunsuri de ordinul 6-7 MHz la o umiditate relativă de 80 %. Aceste valori sunt de câteva ori mai mari decât răspunsul senzorilor SUAS având straturi de ZnO cu suprafața specifică mare pe bază de nanofire, 2 MHz la 90 % umiditate relativă [5].

**Problemele pe care le rezolvă invenția** sunt îmbunătățirea sensibilității senzorilor de tip SUAS la umiditate, utilizând un film nanoporos de ZnO cu suprafață specifică mare, realizat prin depunere laser pulsată utilizând un laser de picosecunde. După cum este evidențiat în imaginile SEM ale suprafeței straturilor senzitive de ZnO obținute prin metoda descrisă, se obțin straturi sub formă de aglomerări de nanoparticule care ocupă zone mari (circa 40%) din suprafață, pe când cele depuse cu un laser de ns constau în nanoparticule care prezintă o

împachetare densă. Prin această metodă se obțin filme cu porozitate ridicată, prin urmare și cu suprafață specifică ridicată, direct, într-o singură etapă. Datorită porozității ridicate a filmului este îmbunătățită capacitatea acestora de absorbție a moleculelor de apă, mărind efectul masic care contribuie la detecția umidității în senzorii de tip SUAS, crescând astfel sensibilitatea senzorilor. Prin utilizarea ZnO este totodată îmbunătățită sensibilitatea senzorilor și prin mărirea efectului acustoelectric, care contribuie de asemenea la detecția umidității în senzorii SUAS, prin modificarea conductivității electrice a ZnO în prezența vaporilor de apă. Modificarea conductivității electrice se produce prin creșterea numărului de electroni liberi odată cu creșterea umidității relative, în urma reacției vaporilor de apă cu atomii de Zn din rețea.

**Procedeul, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:**

- permite obținerea unui strat poros de ZnO, cu suprafață specifică mare, conducând la o sensibilitate ridicată a senzorului de umiditate SUAS în care este încorporat;
- permite obținerea unui strat senzitiv cu suprafață specifică mare sub forma unui strat poros de ZnO, printr-un procedeu relativ simplu, fără etapele suplimentare complexe necesare pentru obținerea altor tipuri de straturi cu suprafață specifică mare, cum sunt nanocoloanele sau sferile coloidale;
- permite obținerea unui strat senzitiv poros într-o singură etapă, fără să fie necesare etape intermediare și fără să se genereze produse secundare care trebuie ulterior eliminate, ca în cazul procedeelor chimice;
- permite obținerea unei sensibilități ridicate la umiditate a senzorului SUAS, prin utilizarea ZnO, la care reacția cu vaporii de apă conduce și la un răspuns la umiditate prin efectul acustoelectric, care se adaugă efectului masic.

**Conform procedeuului conform invenției** de obținere a filmelor de ZnO cu suprafață specifică mare pentru senzori de umiditate cu unde acustice de suprafață, stratul sensibil al senzorului SUAS este obținut direct prin depunere cu un laser cu pulsuri de ordinul picosecundelor. Depunerea se face la temperatura camerei la o presiune de oxigen de 700 mTorr, rezultând un strat de ZnO poros, cu suprafața specifică mare. Aceasta conduce la proprietăți îmbunătățite ale senzorului SUAS de umiditate în care este încorporat ca strat senzitiv.

**Procedeul conform invenției constă în** iradierea unei ținte 1 de ZnO, plasată într-o incintă 2 cu atmosfera controlată, cu un fascicul 3 provenit de la un laser 4 care funcționează în pulsuri de picosecunde. Fasciculul laser este focalizat cu ajutorul unei lentile 5 pe suprafața țintei 1. Materialul 6 care rezultă în urma ablației laser a țintei 1 se depune direct pe suprafața unui senzor SUAS 7 sub forma unui strat sensibil poros. Ținta 1 este deplasată în timpul iradierii pentru a evita sapaarea ei, care ar conduce la generarea unei morfologii necorespunzătoare a

stratului depus, prin intermediul unor masuțe de translație x-y 8, cu ajutorul unui controller, conectat la un calculator. Ablajația țintei se face în prezența oxigenului provenit de la o butelie 9, la o presiune care conduce la obținerea unor filme nanoporoase.

**Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a procedurii de obținere a unor straturi subțiri de ZnO poroase, cu suprafața specifică mare, utilizabile ca straturi sensibile în senzori de umiditate de tip SUAS, conform invenției, în legătură cu figura 1.**

- Figura 1, schema dispozitivului experimental de obținere prin ablație laser cu pulsuri laser de picosecunde a filmelor nanoporoase de ZnO pentru senzori de umiditate de tip SUAS.

Referitor la figura 1, procedeul de obținere prin ablație laser cu pulsuri laser de picosecunde a filmelor nanoporoase de ZnO pentru senzori de umiditate presupune următoarele:

- Se iradiază o țintă de ZnO 1 plasată într-o incintă 2 cu un fascicul 3 provenit de la un laser pulsant 4, fascicul care este focalizat cu ajutorul unei lentile 5.
- Laserul 4 are o durată a pulsurilor de picosecunde, care asigură o porozitate ridicată a filmului de ZnO depus, o putere de 0,2 W, și funcționează cu o rată de repetiție a pulsurilor de 10 kHz.
- Ablajația se produce într-o atmosferă de oxigen la presiunea de 700 mTorr, care asigură formarea unui strat poros, cu suprafața specifică mare. Presiunea gazului este controlată prin intermediul unui sistem care include o pompă de vid preliminar 10 al cărui debit este reglat prin intermediul unei valve 11 controlată de un controller 12, și de o valvă 13 care controlează fluxul de gaz, montată pe butelia de gaz 9 și controlată de un controller 14. Înainte de depunerea filmului, incinta este vidată cu ajutorul unei pompe de vid înalt 15.
- Materialul produs prin ablația laser a țintei este depus direct pe suprafața unui senzor SUAS 7, în zona dintre electrozii interdigitali. Senzorul este plasat la o distanță de 4 cm de țintă, având suprafața paralela cu cea a țintei.
- Depunerea stratului de ZnO se face la temperatura camerei.

#### Bibliografie

1. H.-S. Hong, D.-T. Phan, G.-S. Chung, „High-sensitivity humidity sensors with ZnO nanorods based on two-port surface acoustic wave delay line”, *Sensors and Actuators B* 171-172 (2012) 1283-1287.
2. J.V. Kennedy, R.J. Futter, F. Fang, A. Markwitz, „Zinc oxide nanostructures and sensors using zinc oxide nanostructures” Brevet US 2012/0091451.

3. J. Xie, H. Wang, Y. Lin, Y. Zhou, Y. Wu, „Highly sensitive humidity sensor based on quartz crystal microbalance coated with ZnO colloid spheres”, *Sensors and Actuators B* 177 (2013) 1083-1088.
4. Li, C., Yu, L., Fan, X., Yin, M., Nan, N., Cui, L., Ma, S., Li, Y., Zhang, B., Nucleation density and pore size tunable growth of ZnO nanowalls by a facile solution approach: Growth mechanism and NO<sub>2</sub> gas sensing properties, *RSC Advances* 10, (2020) 3319-3328.
5. J. Wu, C. Yin, H. Li, Y. Liu, Y. Shen, S. Garner, Y. Fu, H. Duan, “Ultrathin Glass-Based Flexible, Transparent, and Ultrasensitive Surface Acoustic Wave Humidity Sensor with ZnO Nanowires and Graphene Quantum Dots” *ACS Applied Materials and Interfaces* (2020), 12, 39817-39825.
6. Z. Xu, Z. Li, “Design and fabrication of ZnO-based SAW sensor using Low Power Homo-Buffer Layer for Enhanced Humidity Sensing” *IEEE Sensor Journal* 21(6) (2021) 7428-7433.

**Revendicări**

1. Procedeu de obținere a filmelor de ZnO cu suprafață specifică mare, caracterizat prin aceea că constă în iradierea unei ținte (1) de ZnO, plasată într-o incintă (2) cu atmosferă controlată, cu un fascicul (3) provenit de la un laser (4) care funcționează în pulsuri de picosecunde. Materialul (6) care rezultă în urma ablației laser a țintei (1) se depune direct pe suprafața unui senzor cu unde acustice de suprafață (SUAS) (7) sub forma unui strat sensibil poros; ablația țintei se face în prezența oxigenului provenit de la o butelie (9), la o presiune care conduce la obținerea unor filme nanoporoase.