



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2010 00061**

(22) Data de depozit: **25/01/2010**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/09/2020** BOPI nr. **9/2020**

(41) Data publicării cererii:
30/09/2011 BOPI nr. **9/2011**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
TEHNOLOGII IZOTOPICE ȘI
MOLECULARE, STR.DONATH NR.67-103,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO**

(72) Inventatori:
• **BRĂTFĂLEAN RADU TIBERIU,
STR.RAPSODIEI NR.5, BL.P10, SC.1, ET.2,
AP.5, CLUJ NAPOCA, CJ, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**GB2400680(A); GB2400685(A);
JPS56110916(A); JP2004133329(A);
US5037169(A)**

(54) **ÎNTRERUPĂTOR OPTIC PE BAZĂ DE GALIU CU APLICAȚII
MULTIPLE**



Obiectul invenției este un întrerupător optic care folosește ca și element constitutiv un strat de galiu. Galiul este un element chimic din sistemul periodic, cu aspect metalic, care are punctul de topire la 29,76°C. Întrerupătorul optic se poate realiza în mai multe variante constructive. În funcție de varianta constructivă aleasă și de valorile alese ale parametrilor punctului de funcționare, cum ar fi temperatura la care se menține întrerupătorul și intensitatea luminoasă asupra căreia acționează întrerupătorul, acesta poate avea diferite funcționalități și aplicații.

1. Domeniul Tehnic în care se aplică invenția este cel al opticii și al optoelectronicii, cu următoarele posibile aplicații:

1.a. Siguranța optică automată resetabilă

Un astfel de dispozitiv întrerupe fluxul luminos dintr-un circuit optic atunci când intensitatea fluxului luminos depășește o anumită valoare prag, notată cu I_2 situație în care fluxul luminos intens ar putea deteriora anumite componente din acel circuitul optic. Trecerea siguranței optice din starea "deschis" în starea "închis" se realizează în mod automat, de îndată ce intensitatea fluxului luminos atinge valoarea de prag I_2 . Siguranța optică va reveni în mod automat, din starea "închis" în starea "deschis", atunci când intensitatea fluxului luminos va coborî sub o anumită valoare de prag, notată cu I_1 , care este mai mică sau egală decât I_2 .

1.b. Întrerupător de protecție al unui circuit optic

Un întrerupător de protecție al unui circuit optic este un dispozitiv care permite întreruperea fluxului luminos într-un circuit optic atunci când menținerea în continuare acestui flux luminos prin circuit ar duce la producerea unor efecte nedorite, cum ar fi degradarea sau deteriorarea unor componente ale circuitului sau expunerea personalului din laborator unor riscuri.

Întreruperea fluxului luminos poate fi inițiată fie de o persoană operator, care supraveghează funcționarea circuitului optic, fie de un circuit de comandă care acționează în mod automat atunci când sunt întrunite anumite condiții, ca de exemplu, deschiderea accidentală a ușii de la un laborator în care funcționează laseri de putere sau creșterea intensității fluxului luminos din circuit peste o anumită valoare prag. După acționarea întrerupătorului de protecție acesta va rămâne în starea „închis” și după încetarea acțiunii factorului declanșator, resetarea acestui întrerupător de protecție făcându-se manual, de către o persoană operator.

1.c. Întrerupător de deschidere al unui circuit optic

Întrerupătorul de deschidere al unui circuit optic îndeplinește funcția inversă a întrerupătorului de protecție. Întrerupătorul va trece din poziția închis în poziția deschis sub acțiunea unui factor declanșator și va rămâne în această poziție și după încetarea factorului declanșator. De asemenea, resetarea întrerupătorului de deschidere se face manual, de către o persoană operator.

1.d. Modulator optic

Modulatorul optic este un dispozitiv care permite modularea fluxului luminos care trece printr-un circuit optic. Definim modulatorul optic ca fiind "pozitiv" atunci când, în lipsa factorului modulator, starea de referință a acestuia este "închis", adică nu se permite trecerea unui flux luminos prin circuit. În prezența factorului modulator, modulatorul optic pozitiv va permite trecerea unui flux luminos prin circuit la o intensitate care va fi cu atât mai mare cu cât intensitatea factorului modulator este mai mare. Analog, modulatorul optic negativ este definit ca acel modulator optic care, în lipsa factorului modulator, are o stare de referință de tip "deschis", adică permite trecerea fluxului luminos prin circuit. În prezența factorului modulator, modulatorul optic negativ va limita trecerea unui flux luminos prin circuit la o intensitate care va fi cu atât mai mică cu cât intensitatea factorului modulator este mai mare.

Astfel de modulatori pot fi folosiți pentru modularea activă a factorului de câștig Q într-o cavitate rezonantă laser pentru obținerea unei serii de impulsuri laser la momente de timp bine precizate.	1
1.e. <i>Limitator optic inferior</i>	3
Un astfel de dispozitiv permite trecerea fluxului luminos printr-un circuit optic doar dacă intensitatea fluxului luminos incident depășește o anumită valoare de prag, notată I_{PRAG} . Limitatorul optic va trece în mod automat din starea „închis” în starea „deschis” de îndată ce intensitatea fluxului luminos incident atinge valoarea de prag. Limitatorul optic va reveni în mod automat din starea „deschis” în starea „închis” atunci când intensitatea fluxului luminos va coborî la o valoare mai mică sau egală cu valoarea de prag. O sub-aplicație specifică pentru un astfel de limitator optic este aceea de modulator pasiv al factorului de câștig Q al unei cavități rezonante laser.	5
2. Stadiul tehnicii	7
Tehnica întrerupătoare optice a cunoscut o dezvoltare însemnată odată cu apariția internetului, ce presupune codificarea informației cu ajutorul pulsurilor de lumină și transmiterea acestora la distanță, prin intermediul fibrelor optice. Deși marea majoritate a tehnologiilor de fabricare a întrerupătoarelor optice au fost dezvoltate pentru aplicații în domeniul telecomunicațiilor există de asemenea aplicații și în alte domenii, cum ar fi cel medical, militar, aerospațial.	9
Unul dintre articolele de sinteză în ce privește întrerupătoare optice este cel apărut în revista Journal of Lightwave Technology, volumul 21, numărul 2 din februarie 2003: „Opticall Switching: Switch Fabrics, Techniques, and Architectures”, scris de Georgios I. Papadimitriou și co-autorii. Articolul face o trecere în revistă a aplicațiilor, principiilor de funcționare, tehnologiilor de fabricație și a parametrilor de performanță pentru principalele categorii de întrerupătoare optice.	11
O clasificare din punct de vedere funcțional împarte întrerupătoarele optice în două categorii. Prima categorie este cea a întrerupătoarelor de tipul „deschis-închis”, care au un singur port de intrare și un singur port de ieșire - aceste porturi putând fi unul și același în cazul unui întrerupător care lucrează în reflexie. A doua categorie este cea a întrerupătoarelor care au unul sau mai multe porturi de intrare și unul sau mai multe porturi de ieșire. Astfel, lumina intră pe unul din porturile de intrare și este distribuită, simultan sau succesiv, la unul sau mai multe porturi de ieșire. Această a doua categorie de comutatori optici au fost dezvoltați pentru aplicații în domeniul telecomunicațiilor.	13
În continuare facem o prezentare scurtă a principalelor categorii de întrerupătoare optice din punctul de vedere al tehnologiei de operare a acestora.	15
Întrerupătoarele opto-mecanice asigură comutarea optică prin mijloace mecanice cu ajutorul a diferite componente optice, cum ar fi prisme sau oglinzi. Această categorie de întrerupătoare pot opera cu nivele ridicate ale intensității radiației luminoase și pot oferi rapoarte de extincție foarte ridicate, dar care sunt caracterizate de timpi de comutație relativ mari. O sub-categorie a întrerupătoarelor opto-mecanice este cea bazată pe sisteme micro-electro- mecanice, unde o rețea de micro-suprafețe reflectătoare sunt comandate electro-mecanic pentru a cupla lumina de la unul din porturile de intrare la unul din porturile de ieșire.	17
Întrerupătoare electro-optice folosesc efectul de variație a indicelui de refracție al unui material sub influența unui câmp electric extern. Variația indicelui de refracție duce la o variație de drum optic care schimbă condițiile de interferență pentru ramurile de ieșire ale unui cuplor direcțional. Astfel se poate schimba raportul dintre intensitățile luminoase de pe cele două ramuri de ieșire. Aceste întrerupătoare oferă timpi de comutație foarte mici la rapoarte de extincție ridicate dar nu pot opera cu intensități ridicate ale radiației luminoase, acestea fiind realtiv limitate, corespunzând domeniului de transmitere a informației pe cale optică.	19

1 Întrerupătoarele termo-optice se bazează în principal pe variația indicelui de refracție
al unui material ca urmare a variației temperaturii acestuia.

3 Întrerupătoarele acusto-optice se bazează pe fenomenul de difracție al luminii pe un
material supus acțiunii unei unde acustice.

5 Întrerupătoarele bazate pe amplificatoare optice semiconductoare sunt întrerupătoare
optice de tipul „deschis-închis”. Ele se bazează pe faptul că un mediu laser, în care există o
7 inversiune de populație, favorizează intensificarea fluxului de lumină incident pe acest mediu,
situație ce corespunde stării „deschis”, în timp ce lipsa unei inversiuni de populație duce la o
9 atenuare a fluxului de lumină incident pe mediul respectiv, situație ce corespunde stării „închis”.

11 Întrerupătoarele cu cristale lichide se bazează pe schimbarea stării de polarizare a
luminii de către moleculele unui cristal lichid atunci când acestea se aliniază pe o anumită
direcție, sub influența unui câmp electric extern.

13 Unul din principalii parametri de performanță ai întrerupătoarelor optice este timpul de
comutație. Cele mai rapide întrerupătoare optice sunt cele electro-optice, variantele comerciale
15 ale acestora punând la dispoziție timpi de comutație de ordinul a câteva nanosecunde. În
variante experimentale, de laborator, sau obținut timpi de comutație de sute de ori mai mici. De
17 exemplu, Institutul National pentru Tehnologia Informației și Comunicațiilor din Japonia, a dat
publicității, în aprilie 2009, realizarea unui dispozitiv opto-electronic al cărui timp de comutație
19 este de aproximativ 26 picosecunde <http://www.nict.go.jp/en/press/2009/04/02-l.html>.

21 Un alt parametru de performanță important, caracteristic întrerupătoarelor optice de tipul
„deschis-închis”, este raportul de extincție, corespunzător raportului dintre intensitățile
luminoase de ieșire pentru stările „deschis” și, respectiv, „închis”. Reprezentativ din acest punct
23 de vedere sunt întrerupătoarele bazate pe amplificatoare optice semiconductoare.

25 Utilizarea galiului în vederea realizării unui nou tip de întrerupător optic a devenit un
subiect de cercetare încă din anul 1997, fiind abordat pentru prima dată de grupul domnului
profesor Nikolay Zheludev de la Universitatea Southampton din Marea Britanie. [1-13]

27 Activitatea de cercetare pe acest subiect a valorificat proprietatea fizică remarcabilă a
galiului de creștere a coeficientului de reflexie sub influența unui flux de lumină incident, atunci
29 când materialul este menținut sub temperatura sa de topire, de 29.7°C, dar în imediata vecintate
a acesteia. În cazul unei interfețe Ga-sticlă sau Ga-aer creșterea coeficientului de reflexie are
31 loc între limitele valorilor corespunzătoare stării solide, aproximativ 50-55%, și celei cores-
punzătoare stării lichide, aproximativ 80-85%. Aceste valori depind într-o mică măsură de lungi-
33 mea de undă a luminii și de tehnologia de realizare a interfeței. Ecartul dintre valorile extreme
ale coeficientului de reflexie, corespunzătoare stărilor de agregare solidă și respectiv lichidă a
35 galiului, se datorează valorilor diferite ale indicelui de refracție complex corespunzătoare celor
două stări de agregare ale galiului.

37 Deși schimbarea de reflectivitate absolută a interfeței Ga-sticlă poate ajunge la o valoare
însemnată, de aproximativ 25-30%, raportul de extincție asociat acestei schimbări de
39 reflectivitate este relativ modest, el situându-se în jurul valorii de $8/5 = 1,6$.

3. *Prezentarea problemei tehnice, pe care o rezolvă invenția*

41 Problema tehnică pe care o rezolvă prezenta invenție constă în ridicarea raportului de
extincție aducând la valori mici coeficientul de reflexie a întrerupătorului optic foarte aproape de
43 valoarea zero, în condițiile unui ecart procentual între cele două valori ale coeficientului de
reflexie, pe scara absolută de la 0 la 100%, păstrând, sau chiar crescând raportul, ca și cel
45 corespunzător interfeței Ga-sticlă.

4. Expunerea invenției

Înterupătorul optic este format dintr-un corp solid transparent optic, numit mediul transparent, care la un capăt, are o față de acces optic, prin care intră o rază de lumină, asupra căreia operează înterupătorul optic, numită lumină modulată, iar la celalalt capăt are o față de reflexie, la care se reflectă lumina modulată pentru a se întoarce spre fața de acces optic și a ieși astfel din înterupătorul optic, pe fața de reflexie fiind depus un pachet dielectric, format din mai multe straturi dielectrice neabsorbante din materiale dielectrice diferite, peste care se depune un strat de galiu, care are o grosime suficientă pentru a avea opacitate optică la lungimea de unda a luminii modulate, înterupător care își va schimba coeficientul de reflexie între o valoare mică, R_{MIC} , corespunzătoare stării "închis" a înterupătorului optic, și una mai mare, R_{MARE} , corespunzătoare stării "deschis" a înterupătorului optic, schimbare a coeficientului de reflexie R datorată schimbării stării de agregare a stratului de galiu, astfel ca, numărul, poziția și grosimile straturilor dielectrice pot fi determinate în baza unui altgoritm de proiectare specific care să facă ca, pentru lungimea de undă dorită a luminii operate, valoarea mică a coeficientului de reflexie, R_{MIC} , să fie foarte apropiată de valoarea zero și ea să corespundă stării de agregare solide a stratului de galiu, valoarea mare a coeficientului de reflexie R_{MARE} corespunzând astfel stării de agregare lichide a stratului de galiu, obținând în acest fel un raport de extincție ridicat, R_{MARE} / R_{MIC} .

Înterupătorul optic, având coeficientul de reflexie R_{MIC} , corespunde stării de agregare lichide a stratului de galiu, iar având coeficientul de reflexie, R_{MARE} , corespunde stării de agregare solide a stratului de galiu.

Înterupătorul optic, mai include un interval de separare gazos între stratul de galiu și pachetul dielectric, astfel încât suma dintre grosimea stratului de galiu și grosimea intervalului de separare să rămână aceeași în urma modificării stării de agregare a stratului de galiu, determinând ca orice modificare a grosimii stratului de galiu să determine o modificare a grosimii intervalului de separare care este egală și de semn opus cu modificarea grosimii stratului de galiu, astfel ca grosimea stratului de galiu, grosimea intervalului de separare și numărul, poziția și grosimile straturilor dielectrice să poată fi determinate în baza unui altgoritm de proiectare specific care să facă ca, pentru lungimea de undă dorită a luminii modulate, valoarea mică a coeficientului de reflexie, R_{MIC} , să fie foarte apropiată de valoarea zero și ea să corespundă stării de agregare solide a stratului de galiu, iar valoarea mare a coeficientului de reflexie R_{MARE} , ce corespunde stării de agregare lichide a stratului de galiu, să fie adusă la valoarea maxim posibilă, numită în continuare R_{MAX} , care este foarte aproape de limita maximă teoretic posibilă de 100%.

Înterupătorul optic, are coeficientul de reflexie R_{MIC} corespundent stării de agregare lichide a stratului de galiu, iar coeficientul de reflexie, R_{MAX} , corespundent stării de agregare solide a stratului de galiu.

Avantajele invenției constau în faptul că structura fizică a înterupătorului optic are o reflexivitate mică sau mare în funcție de starea de agregare a galiului, lichidă sau solidă, iar factorii care determină schimbarea de reflexivitate, care are loc prin tranziția dintre starea solidă și lichidă a galiului, conduc la o variație de volum și o variație a indicelui de refracție complexă a galiului.

În fig. 1 este prezentată schematic configurația primei variante constructive 1, iar fig. 2 prezintă schematic configurația celei de-a doua variante constructive 2.

Fig. 3 prezintă schematic diagrama de fază temperatură-densitate.

În fig. 4 este prezentată diagrama $T-I_{INCIDENT}$, iar în fig.5 este prezentată diagrama $I_{REFLECAT}-I_{INCIDENT}$.

În fig. 6 și 7 se poate observa că pe măsură ce crește ecartul dintre valorile mică și mare a coeficientului de reflexie va crește și ecartul dintre pantele dreptelor **S** și **L** din aceste două diagrame, ceea ce va face ca valorile I_1 și I_2 să se apropie.

În fig. 8 și 9 prezintă cele două diagrame corespunzătoare situației limită a funcționalității cu histeresis stabil a variantei funcționale de tip **S** a întrerupătorului optic, în care se poate vedea ca punctul 4 devine același cu punctul 1, iar punctul 2 devine același cu punctul 3.

În fig. 10 și 11 sunt prezentate cele două diagrame $T-I_{\text{INCIDENT}}$ și $I_{\text{REFLECTAT}}-I_{\text{INCIDENT}}$, unde "histeresisul" corespunzător intervalului $I_1 - I_2$, al intensității incidente, este desenat prin linie punctată, indicând astfel că, în acest interval, valoarea coeficientului de reflexie nu este stabilă, adică nu poate fi staționară în timp.

În fig. 12 este prezentată schematic, configurația constructivă a întrerupătorului de tipul **1-S**.

În fig. 13 este prezentată schematic, configurația constructivă a întrerupătorului de tipul **1-L**.

În fig. 14 este prezentată schematic, configurația constructivă a întrerupătorului de tipul **2-S**.

În fig. 15 este prezentată schematic, configurația întrerupătorului de tipul **2-S**, ce se obține pentru materiale dielectrice.

În fig. 16 este prezentat un cablu de fibră optică retro-reflector.

4.1. Principiul de funcționare

Întrerupătorul optic propus este de tipul „deschis-închis” și este conceput pentru a opera în reflexie, la o anumită lungime de undă. Întrerupătorul optic reflexiv are un singur port de acces optic, care joacă atât rolul de port de intrare, pentru lumina care intră în întrerupător, cât și rolul de port de ieșire, pentru lumina care iese din întrerupător în urma reflexiei ce a avut loc în interiorul întrerupătorului.

Soluția tehnică propusă, având ca rezultat un întrerupător optic cu raport de extincție ridicat, este aceea de a integra un strat reflectator de galiu la capătul unei structuri optice interferențiale de straturi subțiri, de tip reflexiv, formând astfel un întrerupător optic de tip reflexiv, care, odată cu schimbarea stării de agregare a stratului de galiu, își schimbă și coeficientul de reflexie, în condițiile în care, prin modul de proiectare a structurii optice interferențiale, valoarea mai mică a coeficientului de reflexie este adusă cât mai aproape de valoarea zero.

Deci, prin comutarea întrerupătorului între stările „închis” și „deschis” se înțelege schimbarea coeficientului de reflexie al întrerupătorului optic între o valoare mică, care este una foarte apropiată de zero, și o altă valoare, substanțial mai mare, schimbare care are loc ca urmare a modificării stării de agregare a galiului. Mecanismul, prin care schimbarea stării de agregare a galiului poate induce schimbarea coeficientului de reflexie a întrerupătorului optic propus, se bazează pe două proprietăți importante ale galiului, proprietăți care se manifestă atunci când are loc la schimbarea stării de agregare a galiului. Prima proprietate este cea de schimbare a indicelui de refracție complex al galiului ca urmare a schimbării stării de agregare a galiului iar cea de-a doua proprietate este creșterea densității galiului cu 3,1% în procesul de topire. Pornind de la aceste două proprietăți consemnate mai sus se pot identifica două variante constructive pentru întrerupătorul optic propus.

În prima variantă constructivă schimbarea coeficientului de reflexie se va realiza în mod exclusiv ca urmare a schimbării indicelui de refracție complex al galiului între cele două stări de agregare ale acestuia, nefiind folosită proprietatea galiului de-a și modifica volumul odată cu schimbarea stării de agregare.

În cea de-a doua variantă constructivă schimbarea coeficientului de reflexie se va realiza atât ca urmare a schimbării indicelui de refracție complex cât și ca urmare a creșterii cu 3,1% a densității galiului în procesul de topire, deci folosind ambele proprietăți ale galiului menționate mai sus.

Ambele variante constructive ale întrerupătorului optic propus prezintă o structură fizică comună ce conține aceleași elemente constitutive, printre care se regăsește, ca element constitutiv cheie, un strat de galiu. După cum se va vedea în continuare, ceea ce diferențiază cele două variante constructive ale întrerupătorului optic propus este modul în care stratul de galiu se poziționează relativ la celelalte elemente constitutive ale structurii fizice ale întrerupătorului optic.

4.2. Structura fizică, elemente constitutive, legături funcționale

Un prim element constitutiv al întrerupătorului optic propus este un corp solid, transparent optic, pe care îl vom numi în continuare mediul transparent și care este montat într-o montură proprie. Mediul transparent are o față netedă, de calitate optică, pe care o vom numi față de acces optic, și care reprezintă fața prin care lumina poate să intre și să iasă din întrerupătorul optic. De asemenea mediul transparent mai prezintă o a doua față netedă, de calitate optică, pe care o vom numi față de reflexie. Lumina, asupra căreia operează întrerupătorul optic propus, pe care o vom numi în continuare lumină modulată, va patrunde în întrerupătorul optic prin fața de acces, se va propaga în interiorul corpului transparent până la fața de reflexie unde se va reflecta la incidență normală pe această față după care se va întoarce și va ieși din întrerupătorul optic prin aceeași față de acces optic. Un alt doilea element constitutiv al întrerupătorului optic, numit în continuare pachet dielectric, constă dintr-o succesiune de straturi dielectrice, cu indici de refracție diferiți, unul mare și unul mic, care se succed alternativ și care se află depuse, în această succesiune alternantă, pe fața de reflexie a mediului transparent. Fiecare strat dielectric are de regulă o grosime de câțiva zeci de nanometri, ce se determină în baza unui algoritm de proiectare ce va fi prezentat în secțiunea 7 de mai jos, rezultând o grosime a pachetului dielectric care este de regulă de câteva sute de nanometri. Al treilea element constitutiv al întrerupătorului optic este un strat de galiu. Ceea ce diferențiază prima variantă constructivă a întrerupătorului optic de cea de-a doua variantă este poziționarea stratului de galiu în raport cu celelalte elemente constitutive ale întrerupătorului optic. În fig. 1 și 2 sunt prezentate schematic configurațiile constructive corespunzătoare celor două variante constructive 1 și, respectiv, 2.

În cazul primei variante constructive stratul de galiu se depune direct peste ultimul strat dielectric al pachetului dielectric astfel încât pachetul dielectric se află între fața de reflexie a mediului transparent și a stratului de galiu. Stratul de galiu trebuie să aibă o grosime suficient de mare pentru a avea opacitatea optică, ceea ce corespunde la grosimi mai mari de 40 nm. Ansamblul format de mediul transparent și pachetul dielectric formează o structură optică interferențială reflexivă de straturi subțiri, structură pe care o numim în continuare ca structură OIR. Această structură OIR împreună cu stratul de galiu vor determina o anumită valoare a coeficientului de reflexie al întrerupătorului optic, care poate fi calculată în baza unui algoritm, ce va prezentat în secțiunea 7.1. de mai jos, și care ține cont de următorii parametri fizici:

- indicele de refracție al mediului transparent;
- indicii de refracție ai celor două materiale dielectrice din care este alcătuit pachetul dielectric;
- modul de succesiune și numărul de straturi dielectrice din pachetul dielectric;
- grosimile straturilor dielectrice;
- indicele de refracție complex al stratului de galiu.

1 Prin algoritmul de proiectare al structurii OIR, ce va fi prezentat în secțiunea 7.1 de mai
jos, se poate alege ca valoarea mică a coeficientului de reflexie să corespundă fie stării solide
3 fie stării lichide a stratului de galiu, rezultând astfel variantele funcționale de tip S și, respectiv,
L ce corespund primei variante constructive a întrerupătorului optic. Schimbarea stării de
5 agregare a stratului de galiu va determina schimbarea indicelui de refracție complex al acestuia,
care la rândul lui, va determina schimbarea coeficientului de reflexie. Așa cum se va putea
7 vedea pe exemplele concrete descrise în secțiunile 7.3.1 și 7.3.2 de mai jos, creșterea
coeficientului de reflexie, de la valoarea mică la valoarea mare, va fi aceeași indiferent de rețeta
9 de parametri fizici ce corespunde variantei funcționale alese, fie ea de tip S sau L. Acest lucru
poate fi înțeles prin prisma faptului că schimbarea coeficientului de reflexie este determinată de
11 schimbarea valorii indicelui de refracție complex al galiului, aceasta din urmă fiind o constantă
de material, care nu poate fi nici aleasă și nici modificată, nici prin actul de proiectare și nici prin
13 actul de fabricare a întrerupătorului optic.

În cazul celei de-a doua variante constructive a întrerupătorului optic între stratul de galiu
15 și ultimul strat dielectric al pachetului dielectric trebuie să rămână un interval de separare, care
va fi constituit dintr-un mediu gazos transparent optic. Grosimea acestui interval de separare
17 este de regulă de ordinul a câtorva zeci sau sute de nanometri, și ea va fi determinată în baza
algoritmului de proiectare specific celei de-a doua variante constructive, ce va fi prezentat în
19 secțiunea 7.2. de mai jos. De aceea stratul de galiu nu se depune pe pachetul dielectric, ca și
în cazul primei variante constructive, ci se depune pe un substrat suport care poate fi oferit
21 tocmai de fața interioară a capatului închis al monturii în care este montat mediului transparent,
astfel încât stratul de galiu să se afle între substratul sau suport și intervalul de separare. Acest
23 lucru poate fi văzut în fig. 2 unde este prezentată, schematic, configurația celei de-a doua
variante constructive a întrerupătorului optic cu elementele sale constitutive: mediul transparent
25 cu montura lui, pachetul dielectric de pe fața de reflexie, intervalul de separare dintre pachetul
dielectric și stratul de galiu cu substratul său suport, acesta din urmă fiind tocmai fața interioară
27 a capatului închis al monturii mediului transparent.

Această configurație va menține constantă suma dintre grosimea stratului de galiu și
29 grosimea intervalului de separare, indiferent cum variază grosimea stratului de galiu ca urmare
a schimbării stării sale de agregare. Această schimbare de grosime a stratului de galiu, egală
31 în modul cu 3,1% din grosimea stratului de galiu în stare lichidă, este relevantă pentru valoarea
coeficientului de reflexie deoarece ea va induce o schimbare egală în modul și de semn opus
33 a grosimii intervalului de separare care este un parametru fizic ce intră în calculul valorii
coeficientului de reflexie.

Deci, prin valoarea aleasă a grosimii stratului de galiu, se poate controla valoarea cu
35 care se schimbă grosimea intervalului de separare, ca urmare a schimbării stării de agregare
a stratului de galiu, și prin acest lucru se poate controla valoarea ecartului dintre valorile mică
37 și mare a coeficientului de reflecție, corespunzătoare celor două stări de agregare a galiului.
Acest lucru va face ca, în cazul celei de-a doua variante constructive a întrerupătorului optic,
39 coeficientul de reflexie, pe lângă o valoare mică care este foarte apropiată de valoarea zero,
să poată avea în același timp și o valoare mare care să fie foarte apropiată de valoarea
41 procentuală teoretic maxim posibilă de 100%.

În cazul celei de-a doua variante constructive, structura OIR ce se formează la fața de
43 reflexie a mediului transparent se va compune din mediul transparent, pachetul dielectric și
intervalul de separare. Această structură OIR împreună cu stratul de galiu vor determina o
45

anumită valoare a coeficientului de reflexie al întrerupătorului optic, care poate fi calculată în baza unui alt algoritm, ce va fi prezentat în secțiunea 7.2. de mai jos, și care ține cont de următorii parametri fizici:	1
- indicele de refracție a mediului transparent;	3
- indici de refracție ai celor două materiale dielectrice din care este făcut pachetul dielectric;	5
- modul de succesiune și numărul de straturi dielectrice din pachetul dielectric;	7
- grosimile straturilor dielectrice;	
- grosimea intervalului de separare;	9
- indicele de refracție a intervalului de separare;	
- indicele de refracție complex al stratului de galiu;	11
- grosimea stratului de galiu.	
La fel ca și în cazul primei variante constructive, prin algoritmul de proiectare al structurii OIR, ce va fi prezentat în secțiunea 7.2. de mai jos, se poate alege ca valoarea mică a coeficientului de reflexie să corespundă fie stării solide, fie stării lichide a stratului de galiu, rezultând astfel variantele funcționale de tip S și respectiv L corespunzătoare celei de-a doua variante constructive a întrerupătorului optic.	13
15	17
<i>5. Modul în care invenția poate fi exploatată industrial</i>	
Modul în care invenția poate fi exploatată industrial este definit prin aplicațiile pe care le poate avea acest întrerupător optic, ca urmare a diverselor sale variante constructive și funcționale. Aceste aplicații sunt următoarele:	19
- siguranța optică automată resetabilă;	21
- întrerupător de protecție al unui circuit optic;	23
- întrerupător de deschidere al unui circuit optic;	
- modulator optic pozitiv;	25
- modulator optic negativ;	
- limitator optic inferior.	27
Astfel, comutarea întrerupătorului optic între pozițiile deschis și închis se realizează ca urmare a schimbării stării de agregare a galiului. Acest proces de schimbare a stării de agregare a galiului este în esență un proces termic care presupune modificarea temperaturii acestui material, în jurul valorii de 29,76°C, valoare care reprezintă punctul de topire al galiului. Procesul de topire al galiului, ce presupune trecerea galiului din stare solidă în stare lichidă, are întotdeauna loc exact la temperatura de 29,76°C. În schimb, este bine de știut că procesul invers, de solidificare, adică de trecere al galiului din stare lichidă în stare solidă, are loc la o temperatură de solidificare care nu este întotdeauna aceeași, depinzând de o serie de condiții în care are loc procesul de răcire, cât și de istoria termică a probei de galiu în cauză, această temperatură de solidificare putând fi frecvent cu 2°C până la 18 °C mai mică decât temperatura de topire. Această diferență de valoare, între temperatura de topire și cea de solidificare, va face ca diagrama de fază pentru orice parametru de material al galiului, a cărui valoare prezintă o modificare netă la schimbarea stării de agregare a acestuia, să prezinte o caracteristică de histeresis, un exemplu în acest sens fiind diagrama de fază temperatură - densitate ce este prezentată schematic în fig. 3.	29
31	33
35	37
39	41
Stările de agregare lichidă corespunzătoare ramurii superioare a diagramei temperatură-densitate, și care corespund unor valori de temperatură mai mici de 29,76°C, reprezintă stări instabile deoarece galiul poate să treacă pe starea solidă de pe ramura inferioară, corespunzătoare aceleiași temperaturi avute ca precedentă stare lichidă instabilă, ca urmare a unor factori perturbatori externi, de altă natură decât cea termică, dar care favorizează apariția unor centrii de nucleație pentru starea solidă.	43
45	47

De aceea, trecerea galiului din starea solidă în starea lichidă se poate face pe un interval de temperatură semnificativ mai mic decât cel corespunzător trecerii galiului dintr-o stare lichidă stabilă în starea solidă. Acest lucru este doar unul din motivele pentru care, de regulă, trecerea galiului din starea lichidă în starea solidă se va realiza într-un interval de timp mai mare decât procesul invers. Principalul motiv pentru care timpul de comutație al galiului din stare solidă în stare lichidă poate fi făcut de câteva sute sau mii de ori mai mic decât cel corespunzător procesului invers [7, 8] este unul de natură practic, care ține de modul de transfer al cantității de energie internă a galiului necesară pentru a determina schimbarea stării de agregare. Astfel, rata de ieșire a energiei termice din stratul de galiu, ce va determina scăderea temperaturii acestuia în vederea solidificării, nu poate fi decât cea asociată fenomenului de pierdere a energiei termice fie prin contact termic cu mediul ambiant fie în mod radiativ, ceea ce înseamnă o rată relativ mică de scădere a energiei termice. În schimb, creșterea energiei termice a aceluiași strat de galiu se poate face mult mai rapid deoarece, în afară de modalitatea de comutare pur termică, prin intermediul unui contact termic cu un corp ce are o temperatură superioară punctului de topire al galiului, modalitate care asigură un timp de răspuns de același ordin de mărime ca al procesului invers, există și posibilitatea de a furniza energia necesară topirii stratului de galiu, mult mai repede, prin efect Joule, ca urmare a unor pulsuri de curent electric, scurte dar de putere ridicată, care străbat stratul de galiu sau prin iradierea acestui strat de galiu cu pulsuri luminoase care de asemenea pot fi foarte scurte dar puternice, și care astfel pot descărca în stratul de galiu, prin fenomenul de absorbție, o mare cantitate de energie într-un interval de timp foarte scurt. De asemenea este important de reținut că timpii de comutație corespunzători primei variante constructive a întrerupătorului optic pot fi semnificativi mai mici decât cei corespunzători celei de-a doua variante constructive, acest lucru datorându-se capacităților calorice diferite a straturilor de galiu corespunzătoare celor două variante, în condițiile în care grosimea stratului de galiu pentru cea de-a doua variantă constructivă trebuie să fie de ordinul a câțiva microni în timp ce grosimea stratului de galiu pentru prima variantă constructivă poate fi doar de câțiva zeci de nanometri.

Cele șase aplicații menționate în începutul acestei secțiunii pot fi explicate în baza diagramelor $T-I_{\text{INCIDENT}}$ și $I_{\text{REFLECTAT}}-I_{\text{INCIDENT}}$; unde T este temperatura stratului de galiu și I_{INCIDENT} și $I_{\text{REFLECTAT}}$ sunt intensitatea incidentă și respectiv reflectată a luminii modulate, diagrame care sunt specifice fiecărei variante funcționale, de tip **S** sau **L**, și care ilustrează funcționalitățile specifice ale acestora. Între cele două diagrame, $T-I_{\text{INCIDENT}}$ și $I_{\text{REFLECTAT}}-I_{\text{INCIDENT}}$, amintite mai sus, există o legătură de cauzalitate, prima determinând-o pe cea de-a doua. De asemenea este important de menționat faptul că aceste diagrame corespund situației relevante în care stratul de galiu este în contact termic cu un mediu ambiant al cărui temperatură este $T_{\text{ambient}} < T_{\text{solid}} < 29.7^{\circ}\text{C}$, unde T_{solid} este temperatura de solidificare a stratului de galiu.

5.1. Funcționalitatea și aplicațiile întrerupătorului optic pe bază de galiu de tip **L**

Diagrama $T-I_{\text{INCIDENT}}$ este prezentată în fig. 4 iar diagrama $I_{\text{REFLECTAT}}-I_{\text{INCIDENT}}$ în fig. 5. Dacă stratul de galiu este în stare solidă atunci temperatura lui va fi mai mică decât $29,76^{\circ}\text{C}$, iar valoarea exactă a acestei temperaturi va fi mai mare sau egală decât temperatura ambiantă, ea fiind determinată de intensitatea luminii incidente care va fi parțial absorbită de stratul de galiu. Această situație corespunde unei intensități incidente mai mică sau egală cu o valoare I_2 , ceea ce înseamnă că "punctul de funcționare" al întrerupătorului se află undeva pe segmentul "solid" **S**, definit de punctele **0** și **1**, din cele două diagrame. Dacă intensitatea incidentă crește peste valoarea I_2 atunci temperatura stratului de galiu va depăși valoarea de $29,76^{\circ}\text{C}$ și se va topi. Acest lucru va duce la trecerea coeficientului de reflexie la valoarea R_{MIC} , ce va duce la absorbția unei proporții mai mare de radiație incidentă, în stratul de galiu. Acest lucru va

determina o creștere suplimentară a temperaturii, peste valoarea de $29,76^{\circ}\text{C}$, făcând ca punctul de funcționare să ajungă în punctul **2**, corespunzător celor două diagrame. Odată ajuns în punctul de funcționare va rămâne pe semidreapta "Lichid" **L**, cu originea în punctul **3** și având sensul $3 \Rightarrow 2$, atâta timp cât intensitatea incidentă nu va coborî sub o valoare I_1 care este mai mică decât valoarea I_2 . Pentru o intensitate incidentă mai mică decât I_1 stratul de galiu se solidifică deoarece radiația incidentă nu mai poate menține temperatura stratului de galiu peste T_{solid} și acest lucru face ca punctul de funcționare să treacă în punctul **4** corespunzător celor două diagrame, adică înapoi pe segmentul **S** al celor două diagrame, unde stratul de galiu este în stare de agregare solidă. Este important de notat faptul că segmentul **S** și semidreapta **L** din digrama $T-I_{\text{INCIDENT}}$ prezintă pante de creștere diferite a temperaturii cu intensitatea incidentă datorită valorilor diferite a coeficientului de reflexie corespunzătoare celor două stări de agregare ale galiului, în condițiile în care este evident că un coeficient de reflexie mai mic al întrerupătorului va duce la reținerea în stratul de galiu, prin absorbție, a unui procent mai mare din energia radiației incidente.

În funcție de poziția punctului de funcționare în aceste diagrame se pot identifica câteva aplicații importante pentru această variantă funcțională, de tip **L**, a întrerupătorului optic.

5.1.a. *Limitator optic superior (siguranța optică automată resetabilă)*

Pentru această aplicație punctul normal de funcționare se află undeva pe segmentul **S**, determinat de punctele **0** și **1** din cele două diagrame. Dacă intensitatea incidentă crește peste valoarea maximă admisibilă I_2 , atunci punctul de funcționare va trece, din poziția lui de punct normal de funcționare, pe semidreapta **L**, ceea ce înseamnă limitarea puternică a intensității reflectate de întrerupător, conform cu ce se poate vedea pe diagrama din fig. 5. Astfel întrerupătorul optic a trecut în starea "închis" și va rămâne în starea "închis" atâta timp cât intensitatea incidentă va rămâne mai mare decât valoarea de resetare I_1 , valoare care este mai mică decât valoarea maximă admisibilă I_2 .

Deci, în cazul acestei aplicații, schimbarea coeficientului de reflexie a întrerupătorului, odată cu schimbarea stării de agregare a galiului, are loc ca urmare a schimbării nivelului radiației luminoase modulate incidente peste valoarea maximă admisibilă I_2 . Deci schimbarea nivelului radiației luminoase modulate incidente duce la schimbarea nivelului puterii absorbite de către stratul de galiu ceea ce duce la schimbarea temperaturii acestuia și astfel, în cele din urmă, la schimbarea stării de agregare a stratului de galiu.

5.1.b. *Întrerupător optic de protecție/închidere al unui circuit optic*

În această aplicație întrerupătorul optic poate fi comutat din starea "deschis" în starea "închis" prin intermediul unui factor modulator de scurtă durată, fără ca să mai aibă loc o revenire a întrerupătorului optic de la starea "închis" la starea "deschis" după încetarea acțiunii factorului modulator. Factorul modulator în cauză poate fi fie un puls de curent electric prin stratul de galiu sau un puls de lumină modulator, lumina modulator care prin natura ei va fi diferită de lumina modulată, ce este trimis pe stratul de galiu și care este suficient de puternic pentru a furniza energia necesară pentru topirea stratului de galiu. În urma topirii, stratul de galiu va rămâne în această stare de agregare și după încetarea acțiunii factorului modulator ca urmare a energiei absorbite din intensitatea incidentă modulată în condițiile în care noului coeficient de reflexie este mai mic decât în starea anterioară. Deci punctul normal de funcționare pentru această aplicație trebuie să se afle undeva în interiorul segmentului determinat de punctele **4** și **1** a celor două diagrame. În urma acțiunii factorului modulator de scurtă durată punctul de funcționare va trece, din poziția lui de punct normal de funcționare, pe segmentul determinat de punctele **3** și **1** și va rămâne acolo în mod indefinit.

Deci, în cazul acestei aplicații, schimbarea coeficientului de reflexie a întrerupătorului, odată cu schimbarea stării de agregare a galiului, are loc fie ca urmare a unui puls de curent electric ce trece prin stratul de galiu fie ca urmare a unui puls luminos modulator, ce poate fi trimis pe stratul de galiu tot prin fața de acces optic, ambii factori modulatori furnizând stratului de galiu energia necesară pentru topirea acestuia.

5.1.c. *Modulator optic negativ*

Dacă punctul normal de funcționare se află pe segmentul determinat de punctele **0** și **4** ale celor două diagrame atunci întrerupătorul poate fi trecut din starea "deschis" în starea "închis" atâta timp cât va acționa un factor modulator suficient de intens din punct de vedere energetic, pentru a trece stratul de galiu din stare solidă în stare lichidă. Acest factor modulator poate fi, fie un puls de curent electric suficient de intens, fie un puls luminos modulator suficient de intens. O dată cu încetarea acțiunii factorului modulator, punctul de funcționare nu ar putea să rămână pe semidreapta **L** deoarece temperatura stratului de galiu revine sub valoarea T_{solid} , făcând ca punctul de funcționare să revină pe segmentul determinat de punctele **0** și **4**.

Deci, în cazul acestei aplicații, schimbarea coeficientului de reflexie a întrerupătorului, odată cu schimbarea stării de agregare a galiului, are loc ca urmare a unui puls de curent electric prin stratul de galiu sau ca urmare a unui puls luminos modulator, ce poate fi trimis pe stratul de galiu tot prin fața de acces optic, ambii factori modulatori furnizând stratului de galiu energia necesară pentru topirea acestuia.

5.2. *Funcționalitatea și aplicațiile întrerupătorului optic pe bază de galiu de tip S*

În cazul întrerupătorului de tip **S**, în funcție de poziția temperaturii ambientale în raport cu temperaturile de solidificare și topire a galiului și în funcție de valorile coeficientului de reflexie pentru stările "închis" și "deschis" ale întrerupătorului se pot identifica două subtipuri de funcționalitate. Primul subtip de funcționalitate este cea cu histeresis stabil care are cele două diagrame, $T-I_{INCIDENT}$ și $I_{REFLECTAT}-I_{INCIDENT}$, prezentate în fig. 6 și respectiv 7. Aplicațiile care rezultă în baza funcționalității ce corespunde acestor două diagrame, prezentate în fig. 6 și 7, sunt următoarele.

5.2.a. *Limitator optic inferior*

Această aplicație este aplicația inversă celei de limitator optic superior descrisă în secțiunea a) de mai sus. Pentru o valoare a intensității incidente sub valoarea minim admisibilă I_1 întrerupătorul se va afla în poziția "închis" datorită coeficientului de reflexie mic corespunzător segmentului determinat de punctele **0** și **4** din cele două diagrame. Întrerupătorul va reveni la poziția "deschis" doar atunci când intensitatea incidentă va depăși valoarea de resetare I_2 , care este mai mare decât valoarea minim admisibilă I_1 , și va rămâne în poziția "deschis" atâta timp cât intensitatea luminii modulate incidente este mai mare decât valoarea minim admisibilă I_1 . Acest tip de întrerupător este util pentru realizarea unui modulator pasiv al factorului de câștig **Q** al unei cavități rezonante laser (passive Q-switching device).

Deci, în cazul acestei aplicații, schimbarea coeficientului de reflexie a întrerupătorului, odată cu schimbarea stării de agregare a galiului, are loc ca urmare a schimbării nivelului radiației luminoase modulate incidente. Deci schimbarea nivelului radiației luminoase modulate incidente duce la schimbarea nivelului puterii absorbite de către stratul de galiu, ceea ce duce la schimbarea temperaturii acestuia și astfel, în cele din urmă, la schimbarea stării de agregare a stratului de galiu.

5.2.b. *Întrerupător de deschidere a unui circuit optic*

Această aplicație este aplicația inversă celei descrise la secțiunea 5.1.b) de mai sus. Dacă punctul normal de funcționare se află pe segmentul determinat de punctele **4** și **1** atunci întrerupătorul optic va putea trece din starea "închis" în starea "deschis", rămânând în starea

"deschis" în mod indefinit, sub acțiunea unui factor modulator de scurtă durată care trebuie doar să fie suficient de puternic pentru a trece stratul de galiu din stare solidă în stare lichidă, cum ar fi un puls de curent electric ce trece prin stratul de galiu sau un puls de lumină modulator ce este trimis pe stratul de galiu. În urma acțiunii factorului modulator punctul de funcționare va trece din poziția lui de punct normal de funcționare, de pe segmentul format de punctele **4** și **1**, pe segmentul determinat de punctele **3** și **2**, și va rămâne acolo și după încetarea acțiunii factorului modulator.

Deci, în cazul acestei aplicații, schimbarea coeficientului de reflexie a întrerupătorului, odată cu schimbarea stării de agregare a galiului, are loc ca urmare a unui puls de curent electric ce trece prin stratul de galiu sau ca urmare a unui puls luminos modulator, ce poate fi trimis pe stratul de galiu tot prin fața de acces optic, ambii factori modulatori furnizând stratului de galiu energia necesară pentru topirea acestuia.

5.2.c. Modulator optic pozitiv

Această aplicație este aplicația inversă celei descrise la secțiunea 5.1.c) de mai sus. Dacă punctul normal de funcționare se află pe segmentul determinat de punctele **0** și **4** atunci întrerupătorul optic va putea trece din starea "închis" în starea "deschis" atâta timp cât va acționa un factor modulator suficient de puternic pentru a trece stratul de galiu din stare solidă în stare lichidă. La încetarea acțiunii factorului modulator intensitatea radiației modulate incidente este prea mică pentru a menține stratul de galiu în stare lichidă și acesta se va solidifica făcând ca punctul de funcționare să revină pe segmentul determinat de punctele **0** și **4** ale celor două diagrame.

Deci, în cazul acestei aplicații, schimbarea coeficientului de reflexie a întrerupătorului optic, odată cu schimbarea stării de agregare a galiului, are loc ca urmare a unui puls de curent electric prin stratul de galiu sau ca urmare a unui puls luminos modulator, ce poate fi trimis pe stratul de galiu tot prin fața de acces optic, ambii factori modulatori furnizând stratului de galiu energia necesară pentru topirea acestuia.

Din analiza diagramelor prezentate în fig. 6 și 7 se poate observa că pe măsură ce crește ecartul dintre valorile mică și mare a coeficientului de reflexie va crește și ecartul dintre pantele dreptelor **S** și **L** din aceste două diagrame, ceea ce va face ca valorile I_1 și I_2 să se apropie. Deci pentru o anumită valoare a ecartului dintre valorile mică și mare a coeficientului de reflexie valorile I_1 și I_2 vor fi aceleași. Această situație corespunde situației limită a funcționalității cu histeresis stabil a variantei funcționale de tip **S** a întrerupătorului optic. Cele două diagrame corespunzătoare acestei situații limită sunt prezentate în fig. 8 și 9, unde se poate vedea ca punctul **4** devine același cu punctul **1** iar punctul **2** devine același cu punctul **3**.

Dacă ecartul dintre valorile mică și mare a coeficientului de reflexie va crește și mai mult atunci va apare un interval de valori ale intensității incidente, delimitată de o nouă valoare mică I_1 și o nouă valoare mai mare I_2 , interval pentru care niciuna din stările "deschis" sau "închis" ale întrerupătorului optic nu va fi stabilă, ceea ce înseamnă că coeficientul de reflexie al acestuia, pentru o valoare a intensității incidente situate în acest interval va avea o evoluție nestăționară în timp. Cele două diagrame, $T-I_{\text{INCIDENT}}$ și $I_{\text{REFLECTAT}}-I_{\text{INCIDENT}}$, corespunzătoare unei astfel de situații sunt prezentate în fig.10 și respectiv 11, unde "histeresisul" corespunzător intervalului $I_1 - I_2$, al intensității incidente, este desenat prin linie punctată, indicând astfel că, în acest interval, valoarea coeficientului de reflexie nu este stabilă, adică nu poate fi staționară în timp.

6. Avantajele invenției revendicate în raport cu stadiul tehnicii

Există două avantaje principale ale prezentei propuneri de întrerupător optic pe bază de galiu față de celelate modelele experimentale de întrerupătoare pe baza de galiu prezentate în referințele [1-13].

Primul avantaj este acela că prin integrarea stratului de galiu într-o structură interferențială de straturi subțiri dielectrice s-a creat posibilitatea de a proiecta astfel de valori mică și mare a coeficientului de reflexie care să permită obținerea unui factor de extincție mult mai ridicat pentru ambele variante constructive propuse. În plus cea de-a doua variantă constructivă prezintă avantajul unui ecart între valorile mică și mare ale coeficientului de reflexie care se poate apropia foarte mult de valoarea procentuală teoretic maxim posibilă, de 100%. Avantajul primei variante constructive, în raport cu cea de-a doua, constă în posibilitatea de a avea timpi de comutație a întrerupătorului optic mult mai mici, care pot ajunge la câteva nanosecunde pentru trecerea galiului din stare solidă în stare lichidă. Acest lucru se datorează capacității calorice mai mici a stratului de galiu, corespunzător primei variante constructive, strat de galiu care poate avea o grosime de doar câțiva zeci de nanometri.

Al doilea avantaj al tipului de întrerupător optic propus este că prin metoda de proiectare aleasă se poate obține ca valoarea mică a coeficientului de reflexie, corespunzătoare stării "închis" a întrerupătorului optic, să fie asociată fie cu starea de agregare solidă fie cu starea de agregare lichidă a stratului de galiu, dublând astfel potențialul funcțional al întrerupătorului optic prin cele două variante funcționale, **S** și **L**, care rezultă în urma acestui lucru, așa cum s-a arătat în secțiunea 5 de mai sus.

În timp ce există și alte categorii de întrerupătoare cu raport de extincție ridicat și timpi de comutație mic, cum ar fi întrerupătoarele electro-optice, avantajul întrerupătorului optic propus aici este acela că, prin natura materialelor care intră în componența acestuia, el poate opera cu valori mult mai ridicate ale nivelului de intensitate al radiației luminoase decât o pot face întrerupătoarele electro-optice.

Pe de altă parte întrerupătoarele opto-mecanice competiționează foarte bine cu întrerupătorul optic propus aici din punctul de vedere al factorului de extincție și al nivelului de intensitate a radiației luminoase incidente dar aceste întrerupătoare prezintă timpi de comutație semnificativ mai mari, inerenți modului de funcționare al acestor întrerupătoare.

În concluzie putem spune că prezentul întrerupător optic pe bază de galiu prezintă avantaje nete față de versiunile anterioare explorate [1-13] și în același timp se situează în domenii de valori relevante din spațiul parametrilor de performanță care nu sunt acoperite de nici o altă categorie de întrerupătoare optice.

7. Prezentarea detaliată a obiectului invenției

Coeficientul de reflexie **R** al întrerupătorului optic, ce este determinat de către stratul de galiu și structura optică interferențială realizată la fața de reflexie a întrerupătorului optic, are următoarea expresie:

$$R = \left| \frac{r_{f/Ga} \cdot (t_f^+ t_f^- - r_f^+ r_f^-) \cdot \exp(-i4\pi n_f d_f / \lambda) + r_f^+}{1 - r_{f/Ga} r_f^- \cdot \exp(-i4\pi n_f d_f / \lambda)} \right|^2 \quad (1)$$

unde parametrii care intră în componența acestei expresii sunt următorii:

- n_f este indicele de refracție al stratului final al structurii OIR de pe fața de reflexie;
- d_f este grosimea stratului final al structurii OIR de pe fața de reflexie;
- λ este lungimea de undă a luminii modulate;
- $r_{f/Ga}$ este coeficientul Fresnel de reflexie la interfața dintre stratul final al structurii și stratul de galiu. Acesta este un număr complex și depinde de indicele de refracție complex al galiului și de indicele de refracție al stratului final al structurii OIR;

- r_f^+ și t_f^+ sunt coeficienții Fresnel echivalenți de reflexie și, respectiv, transmisie ai interfeței dintre mediul transparent și stratul final al structurii OIR, adică cei care sunt asociați unei radiații luminoase care vine dinspre mediul transparent spre stratul final al structurii OIR;	1
- r_f^- și t_f^- sunt coeficienții Fresnel echivalenți de reflexie și, respectiv, transmisie ai interfeței inverse, adică a celei dintre stratul final al structurii OIR și mediul transparent, adică cei care sunt asociați unei radiații luminoase care vine dinspre stratul final al structurii OIR spre mediul transparent.	3
În cazul primei variante constructive, stratul final al structurii OIR este reprezentat de ultimul strat dielectric din pachetul dielectric, pe care este depus stratul de galiu. În cazul celei de-a doua variante constructive stratul final al structurii OIR este reprezentat de intervalul de separare.	5
Parametrii r_f^+ , t_f^+ , r_f^- și t_f^- sunt, în general, numere complexe care depind de valorile indicilor de refracție ai mediului transparent, ai intervalului de separare și ai straturilor dielectrice ce intră în componența pachetului dielectric cât și de grosimile straturilor dielectrice. Marea majoritate a materialelor dielectrice folosite pentru realizarea structurilor optice interferențiale de straturi subțiri au un coeficient de absorbție neglijabil, ceea ce de asemenea înseamnă că partea imaginară a indicelui de refracție poate fi considerată ca fiind egală cu zero. În aceste condiții expresia $(t_f^+ t_f^- - r_f^+ r_f^-)$ din numărătorul fracției din expresia (1) a coeficientului de reflexie R , devine egală cu valoarea 1 și, de asemenea, se mai poate arăta și că $r_f^+ = -r_f^- \equiv r_f$ ceea ce înseamnă că coeficientul de reflexie R poate fi re-exprimit în felul următor:	7
$R = \left \frac{r_{f/Ga} \cdot \exp(-i2\varphi_f) + r_f}{1 + r_{f/Ga} r_f \cdot \exp(-i2\varphi_f)} \right ^2 \quad (2)$	9
unde s-a introdus de asemenea notația, $\varphi_f \equiv 2\pi n_f d_f / \lambda$ această din urmă valoare reprezentând diferența de fază corespunzătoare grosimii optice a stratului final al structurii OIR.	11
Proiectarea parametrilor structurii optice interferențiale și a grosimii stratului de galiu se poate face pe calculator cu ajutorul unui algoritm de proiectare.	13
7.1 Algoritm de proiectare corespunzător primei variante constructive	15
Acesta este format din următorii cinci pași:	17
- pasul 1, se alege starea de agregare a stratului de galiu, solidă sau lichidă, care se dorește să corespundă stării "închis" a întrerupătorului optic, adică valorii mici ale coeficientului de reflexie R ;	19
- pasul 2, se aleg cele două materiale dielectrice care vor intra în componența pachetului dielectric;	21
- pasul 3, dintre aceste două materiale dielectrice se alege unul care va corespunde stratului final al structurii OIR, adică care va corespunde ultimului strat din pachetul dielectric. Odata completat pasul 3 coeficientul Fresnel de reflexie $r_{f/Ga}$ este complet determinat;	23
- pasul 4, între mediul transparent și ultimul strat al pachetului dielectric se introduc succesiv straturi dielectrice cu indice de refracție alternant, mic-mare, fiecare strat având o grosime optică de $\lambda / 4$, adică de un sfert de lungime de undă, ce corespunde unei diferențe de fază de $\pi / 4$. Se face acest lucru până când modul coeficientului r_f devine egal cu	25

modulul coeficientului $r_{f/Ga}$. Pentru a realiza această condiție grosimea optică a ultimului strat dielectric introdus, ce va fi penultimul strat din pachetul dielectric, va trebuie ajustată în intervalul $(0, \lambda / 4)$;

- pasul 5, se ajustează grosimea optică a ultimului strat din pachetul dielectric, în intervalul $(0, \lambda / 2)$, modificând astfel valoarea lui $\varphi_f \equiv 2\pi n_f d_f / \lambda$ din expresia (2), până când se aduce numărătorul fracției din expresia (2) la valoarea zero. Astfel s-a obținut aducerea la valoarea zero a coeficientului de reflexie a întrerupătorului optic pentru starea de agregare a stratului de galiu care s-a ales în pasul 1. Valoarea mare a coeficientului de reflexie se poate afla în urma schimbării indicelui de refracție al galiului, ce corespunde celeilalte stări de agregare a acestuia.

7.2 Algoritm de proiectare corespunzător celei de-a doua variante constructive

Acesta este format din următorii șase pași:

- pasul 1, se alege starea de agregare a stratului de galiu, solidă sau lichidă, care se dorește să corespundă stării "închis" a întrerupătorului optic, adică valorii mici ale coeficientului de reflexie R ;

- pasul 2, se aleg cele două materiale dielectrice care vor intra în componența pachetului dielectric;

- pasul 3, se alege compoziția gazoasă ce se va afla în interiorul intervalului de separare. Acest lucru va determina indicele de refracție al intervalului de separare. Odată completat pasul 3 coeficientul Fresnel de reflexie $r_{f/Ga}$ este complet determinat;

- pasul 4, între mediul transparent și intervalul de separare se introduc succesiv straturi dielectrice cu indice de refracție alternant, mic-mare, fiecare strat având o grosime optică de $\lambda / 4$, adică de un sfert de lungime de undă, ce corespunde unei diferențe de fază de $\pi / 4$. Se face acest lucru până când modul coeficientului r_f devine egal cu modulul coeficientului $r_{f/Ga}$. Pentru a realiza această condiție grosimea optică a ultimului strat dielectric introdus, ce va fi ultimul strat din pachetul dielectric, va trebui ajustată în intervalul $(0, \lambda / 4)$;

- pasul 5, se ajustează grosimea optică a intervalului de separare, în intervalul $(0, \lambda / 2)$, modificând astfel valoarea lui $\varphi_f \equiv 2\pi n_f d_f / \lambda$ din expresia (2), până când se aduce numărătorul fracției din expresia (2) la valoarea zero. Astfel s-a obținut aducerea la valoarea zero a coeficientului de reflexie a întrerupătorului optic pentru starea de agregare a stratului de galiu care s-a ales în pasul 1;

- pasul 6, schimbarea stării de agregare a stratului de galiu, din starea de agregare corespunzătoare valorii mici a coeficientului de reflexie R , va duce la schimbarea coeficientului de reflexie R , care va trece astfel de la valoarea mică, foarte apropiată de zero la o altă valoare mai mare. Această nouă valoare a coeficientului de reflexie R poate fi maximizată prin alegerea corespunzătoare a valorii cu care se modifică grosimea optică a intervalului de separare având în vedere că această modificare se traduce într-o modificare a coeficientului exponențial $\exp(-i2\varphi_f)$ din expresia (2) a coeficientului de reflexie. Această valoare optimă de modificare a grosimii optice fi cautată, pe cale numerică, în intervalul $(0, \lambda / 2)$ urmărind maximizarea noii valori a coeficientului de reflexie. Odată aflată această valoare optimă de modificare a grosimii optice, pe lângă valoarea maximizată a coeficientului de reflexie, se poate obține, prin împărțire la indicele de refracție al intervalului de separare, și modificarea grosimii fizice a intervalului de separare. Din această ultimă valoare se poate obține grosimea necesară a stratului de galiu, având în vedere că modificarea grosimii stratului de galiu, ca urmare a variației densității sale cu 3,1% la schimbarea stării de agregare, este egală și de semn contrar cu modificarea grosimii fizice a intervalului de separare. Astfel toți parametrii constructivi ai celei de-a doua variante ale întrerupătorului optic sunt complet determinați.

7.3. Exemple concrete de realizare

Există patru combinații ce se pot realiza între cele două variante constructive, **1** și **2**, pe de-o parte, și cele două variante funcționale, **S** și **L**, pe de cealaltă parte, rezultând astfel patru tipuri de întrerupător optic, pe care le vom nota în continuare ca și **1-S**, **1-L**, **2-S** și **2-L** și pentru care vom prezenta în continuare câte un exemplu concret de realizare, care vor opera la lungimea de undă a laserului Heliu-Neon ce are valoarea $\lambda = 632,8\text{nm}$. Pentru toate cele patru exemple vom considera că mediul transparent este dioxidul de siliciu care are indicele de refracție $n_0 = 1,54702$ [14] și care este desenat cu albastru deschis în fig. 12...15, care arată, schematic, configurația constructivă a celor patru exemple de realizare. Materialul dielectric cu indicele de refracție mic este fluorură de magneziu, cu indicele de refracție $n_1 = 1,383$ [14], și el este desenat cu culoare roșie în fig. 2...15. Materialul dielectric cu indicele de refracție mare este sulfură de zinc, cu indicele de refracție $n_2 = 2,35049$ [14], și el este desenat cu culoare verde în fig. 12...15. Stratul de galiu, desenat cu culoare gri în fig. 12...15, are indicele de refracție $n_{\text{GaL}} = 1.543 + 7.2693i$, pentru starea de agregare lichidă [15], și $n_{\text{GaS}} = 3.83088 + 4.45672i$, pentru starea de agregare solidă [16]. În cazul tipurilor de întrerupător ce corespund celei de-a doua variante constructive s-a considerat că intervalul de separare este umplut cu aer la presiune normală, fapt pentru care indicele de refracție al intervalului de separare este $n_{\text{aer}} = 1,00027653$.

7.3.1. Exemplul de tipul 1-S

În fig. 12 este prezentată schematic, configurația constructivă a întrerupătorului de tipul **1-S**, ce se obține pentru materiale dielectrice și lungimea de undă stabilite mai sus. Pachetul dielectric are un număr total de patru straturi dielectrice, primul strat dielectric fiind unul de fluorură de magneziu iar ultimul strat dielectric fiind unul de sulfură de zinc. Primul strat de fluorură de magneziu are grosimea fizică de $114,4\text{ nm}$, ceea ce corespunde la o grosime optică de un sfert de lungime de undă, adică $\lambda / 4$, iar al doilea strat de fluorură de magneziu are grosimea fizică de $66,3\text{ nm}$, ceea ce corespunde la o grosime optică de $0,1448 / \lambda$. Primul strat de sulfură de zinc are grosimea fizică de $67,3\text{ nm}$, ceea ce corespunde la o grosime optică de un sfert de lungime de undă, adică $\lambda / 4$, iar al doilea strat de sulfură de zinc are grosimea fizică de $70,9\text{ nm}$, ceea ce corespunde la o grosime optică de $0,2633 \cdot \lambda$.

Astfel, pentru acest exemplu, se obține o valoare mică a coeficientului de reflexie, $R_{\text{MIC}} = 1,1155 \cdot 10^{-28} \%$, și o valoare mare a coeficientului de reflexie, $R_{\text{MARE}} = 35,73 \%$.

7.3.2. Exemplul de tipul 1-L

În fig. 13 este prezentată schematic, configurația constructivă a întrerupătorului de tipul **1-L**, ce se obține pentru materiale dielectrice și lungimea de undă stabilite mai sus. Pachetul dielectric are un număr total de șapte straturi dielectrice, primul și ultimul strat dielectric fiind din fluorură de magneziu. Primele trei straturi de fluorură de magneziu au grosimea fizică de $114,4\text{ nm}$, ceea ce corespunde la o grosime optică de un sfert de lungime de undă, adică $\lambda / 4$, iar al patrulea strat de fluorură de magneziu are grosimea fizică de $220,5\text{ nm}$, ceea ce corespunde la o grosime optică de $0,4818 \cdot \lambda$. Primele două straturi de sulfură de zinc au grosimea fizică de $67,3\text{ nm}$, ceea ce corespunde la o grosime optică de un sfert de lungime de undă, adică $\lambda / 4$, iar al patrulea strat de sulfură de zinc are grosimea fizică de $62,5\text{ nm}$, ceea ce corespunde la o grosime optică de $0,2321 \cdot \lambda$.

Astfel, pentru acest exemplu, se obține o valoare mică a coeficientului de reflexie, $R_{\text{MIC}} = 6,2002 \cdot 10^{-29} \%$, și o valoare mare a coeficientului de reflexie, $R_{\text{MARE}} = 35,73 \%$. Pentru ambele întrerupătoare, **1-S** și **1-L**, grosimea stratului de galiu poate fi aleasă la valoarea de 50 nm , această valoare fiind suficient de mare pentru a asigura opacitatea optică a stratului de galiu.

7.3.3 Exemplul de tipul 2-S

În fig. 14 este prezentată schematic, configurația constructivă a întrerupătorului de tipul **2-S**, ce se obține pentru materiale dielectrice și lungimea de undă stabilite mai sus. Pachetul dielectric are un număr total de trei straturi dielectrice, primul și ultimul strat dielectric fiind din sulfură de zinc. Primul strat de sulfură de zinc are grosimea fizică de 67,3 nm, ceea ce corespunde la o grosime optică de un sfert de lungime de undă, adică $\lambda / 4$, iar al doilea strat de sulfură de zinc are grosimea fizică de 50,8 nm, ceea ce corespunde la o grosime optică de $0,1886 \cdot \lambda$. Stratul de fluorură de magneziu are grosimea fizică de 114,4 nm, ceea ce corespunde la o grosime optică de un sfert de lungime de undă, adică $\lambda / 4$. Grosimea fizică a intervalului de separare rezultă la valoare de 3,4 nm în cazul în care stratul de galiu este în stare solidă. Această valoare de 3,4 nm este relativ dificil de realizat din punct de vedere practic, constructiv, și, de aceea, în locul acesteia, se poate alege o valoare mai mare, astfel încât grosimea optică a intervalului de separare să crească cu o jumătate de lungime de undă, adică $\lambda / 2$, deoarece această nouă valoare lasă neschimbată valoarea lui $\exp(-i2\varphi_f)$ în expresia (2) a coeficientului de reflexie R. Deci grosimea fizică a intervalului de separare poate fi aleasă la valoarea 3,4 nm + 311,8 nm = 315,2 nm. Grosimea stratului de galiu în stare solidă este 5,2539 microni.

Astfel, pentru acest exemplu, se obține o valoare mică a coeficientului de reflexie, $R_{MIC} = 5,2522 \cdot 10^{-28} \%$, și o valoare mare a coeficientului de reflexie, $R_{MARE} = 98,81 \%$.

7.3.4 Exemplul de tipul 2-L

În fig. 15 este prezentată schematic, configurația întrerupătorului de tipul **2-S**, ce se obține pentru materiale dielectrice și lungimea de undă stabilite mai sus. Pachetul dielectric are un număr total de șapte straturi dielectrice, primul și ultimul strat dielectric fiind din sulfură de zinc. Primele trei straturi de sulfură de zinc au grosimea fizică de 67,3 nm, ceea ce corespunde la o grosime optică de un sfert de lungime de undă, adică $\lambda / 4$, iar al patrulea strat de sulfură de zinc are grosimea fizică de 24,6 nm, ceea ce corespunde la o grosime optică de $0,0914 \cdot \lambda$. Toate cele trei straturi de fluorură de magneziu au aceeași grosime fizică de 114,4 nm, ceea ce corespunde la o grosime optică de un sfert de lungime de undă, adică $\lambda / 4$. Grosimea fizică a intervalului de separare este de 361,6 nm în cazul în care stratul de galiu este în stare lichidă. Grosimea stratului de galiu în stare lichidă este 5,0942 microni.

Astfel, pentru acest exemplu, se obține o valoare mică a coeficientului de reflexie, $R_{MIC} = 9,9552 \cdot 10^{-30} \%$, și o valoare mare a coeficientului de reflexie, $R_{MARE} = 98,81 \%$.

În fig. 14 și 15 sunt prezentate, schematic, stratul de galiu și straturile structurii OIR, pentru exemplele din tipul **2-S** și **2-L**, cu precizarea că, în mod evident, că aceste schițe nu pot reprezenta proporția reală dintre grosimea stratului de galiu și grosimile straturilor din structura OIR.

Pentru toate cele patru tipuri de întrerupător optic prezentate mai sus o posibilă întruchipare a mediului transparent de dioxid de siliciu poate fi un cablu de fibră optică uni-modala, retroreflectatoare, care poate opera la lungimea de undă de 632,8 nm, cum ar fi cea vândută de firma ThorLabs și care are numărul de produs P5-630R-P01-1.

Acest cablu de fibră optică retro-reflectoratoare poate fi văzut în fig. 16, și de asemenea poate fi găsit pe internet la adresa: <https://www.thorlabs.com/thorproduct.cfm?partnumber=P5-630R-P01-1>. Acest cablu de fibră optică retro-reflectoratoare are la capătul de acces optic un conector de tipul FC/APC iar la capătul de reflexie un conector de tipul FC/PC. Ceea ce trebuie făcut pentru ca cablul de fibră optică retro-reflectoratoare cu numărul de produs P5-630R-P01-1 să fie transformat într-un întrerupător optic de tipul **1-S** sau **2-S** este de a înlocui stratul de argint care este depus pe capătul FC/PC al cablului de fibră optică cu pachetul dielectric interferențial, peste care trebuie de asemenea depus și stratul de galiu. În mod similar

cablul de fibră optică retro-reflectatoare cu numărul de produs P5-630R-P01-1 poate fi transformat într-un întrerupător optic de tipul **2-S** sau **2-L** dacă stratul de argint care este depus pe capătul FC/PC al cablului de fibră optică ar fi înlocuit cu pachetul dielectric respectiv, iar stratul de galiu ar fi depus pe fața interioară a capătului monturii care îmbracă conectorul FC/PC, astfel încât între stratul de galiu și pachetul dielectric să rămână un interval de separare la grosimile găsite mai sus în cele două exemple de realizare. O schiță desenată a cablului de fibră optică retro-reflectatoare, cu numărul de produs P5-630R-P01-1, poate fi găsită pe internet la adresa:
<https://www.thorlabs.com/drawings/17680481b8e3ae7f-7A7D308E-91B3-B9D5-A266A4067C56ED23/P5-630R-P01-I-AutoCADPDF.pdf>

Bibliografie

1. S.Dhanjal, I.R.Shatwell, Y.P.Svirko, N.I.Zheludev, 1997 OSA Technicol Digest Series, v. 12, Conference Edition, p.223. 15
2. P.J.Bennett, S.Dhanjal, P.Petropoulos, D.J.Richardson, N.I.Zheludev, V.I.Emelianov, „A photonic switch based on a gigantic, reversible optică nonlinearity of liquefying gallium”, Applied Physics Letters 1998 Vol. 73(13) pp.1787-1789. 17
3. P.Petropoulos, H.L.Offerhaus, D.J.Richardson, S.Dhanjal, N.I.Zheludev, „Passive q-switching of fiber lasers using a broadband liquefying gallium mirror”, Applied Physics Letters 1999 Vol. 74(24) pp.3619-3621. 19
4. P.Petropoulos, S.Dhanjal, D.J.Richardson, N.I.Zheludev, „Passive Q-switching of an Er³⁺:Yb³⁺ fiber laser with a fiberized liquefying gallium mirror”, Optics Communications 1999 Vol. 166(1-6) pp. 239-243. 23
5. V.Albanis, S.Dhanjal, N.I.Zheludev, P.Petropoulos, D.J.Richardson, „Cross-wavelength all-optică switching using nonlinearity of liquefying gallium”, Optics Express 1999 Vol. 5(8) pp.157-162. 25
6. V.Albanis, R.T.Bratfalean, S.Dhanjal, N.I.Zheludev, V.I.Emel'yanov, P.Petropoulos, D.J.Richardson, „Light-induced specular-reflectivity suppression at a gallium/silica interface” Optics Letters 2000 Vol. 25(21) pp.1594-1596. 27
7. V.Albanis, S.Dhanjal, V.A.Fedotov, K.F.MacDonald, N.I.Zheludev, P.Petropoulos, D.J.Richardson, V.I.Emelyanov „Nanosecond dynamics of a gallium mirror's light-induced reflectivity change” Physical Review B 2001 Vol. 63(16) art. no. 165207. 29
8. A.V.Rode, M.Samoc, B.Luther-Davies, E.G.Gamaly, K.F.MacDonald, N.I.Zheludev, „Dynamics of light-induced reflectivity switching in gallium films deposited on silica by pulsed laser ablation”, Optics Letters 2001 Vol. 26(7) pp.441-443. 31
9. K.F.MacDonald, V.A.Fedotov, N.I.Zheludev, B.V.Zhdanov, R.J.Knize, „Structural phase transition as a mechanism for broadband, low-threshold reflectivity switching in gallium”, Applied Physics Letters 2001 Vol. 79(15) pp.2375-2377. 33
10. V.Albanis, V.A.Fedotov, N.I.Zheludev, „Light-induced reflectivity switching in gallium-on-silica films in the blue-green spectral region”, Optics Communications 2002 Vol. 214 pp.271-276. 35
11. K.F.MacDonald, V.A.Fedotov, N.I.Zheludev, „Optică nonlinearity resulting from a light-induced structural transition in gallium nanoparticles”, Applied Physics Letters 2003 Vol. 82(7) pp.1087-1089. 37

RO 126715 B1

- 1 12. B.F.Soures, K.F.MacDonald, V.A.Fedotov, N.I.Zheludev, „Light-induced structural
transformations in a single gallium nanoparticulate", Nano Letters 2005 Vol. 5(10) pp.
3 2104-2107.
13. B.F.Soures, F.Jonsson, N.I.Zheludev, „All-optic al phase-change memory in a single
5 gallium nanoparticle", Physical Review Letters 2007 Vol. 98(15) pp.Art. No. 153905.
14. <http://refractiveindex.info/>
- 7 15. V. Albanis, "Light induced structural transition and reflectivity af a silica-Ga interface",
Ph. D thesis, University of Southampton (2003).
- 9 16. Yu. Eichis and G.P. Skornyakov, Optics and Spectroscopy 16,159-161, (1964).

1. Întrerupător optic format dintr-un corp solid transparent optic (1), numit mediul transparent, care, la un capăt, are o față de acces optic (2), prin care intră o rază de lumină, asupra căreia operează întrerupătorul optic, numită lumină modulată, iar la celalalt capăt are o față de reflexie (3), la care se reflectă lumina modulată pentru a se întoarce spre fața de acces optic și a ieși astfel din întrerupătorul optic, pe fața de reflexie fiind depus un pachet dielectric (4), format din mai multe straturi dielectrice neabsorbante din materiale dielectrice diferite, peste care se depune un strat de galiu (5), care are o grosime suficientă pentru a avea opacitate optică la lungimea de undă a luminii modulate, întrerupător care își va schimba coeficientul de reflexie între o valoare mică, R_{MIC} , corespunzătoare stării "închis" a întrerupătorului optic, și una mai mare, R_{MARE} , corespunzătoare stării "deschis" a întrerupătorului optic, schimbare a coeficientului de reflexie R datorată schimbării stării de agregare a stratului de galiu, **caracterizat prin aceea că**, numărul, poziția și grosimile straturilor dielectrice se determină în baza unui altgoritm dedicat care să facă ca, pentru lungimea de undă dorită a luminii operate, valoarea mică a coeficientului de reflexie, R_{MIC} , să fie foarte apropiată de valoarea zero și ea să corespundă stării de agregare solide a stratului de galiu, valoarea mare a coeficientului de reflexie R_{MARE} corespunde astfel stării de agregare lichide a stratului de galiu, obținând în acest fel un raport de extincție ridicat, R_{MARE} / R_{MIC} .
2. Întrerupător optic, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, coeficientul de reflexie R_{MIC} , corespunde stării de agregare lichide a stratului de galiu, iar coeficientul de reflexie, R_{MARE} , corespunde stării de agregare solide a stratului de galiu.
3. Întrerupător optic, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, care mai include un interval de separare gazos între stratul de galiu și pachetul dielectric, astfel încât suma dintre grosimea stratului de galiu și grosimea intervalului de separare să rămână aceeași în urma modificării stării de agregare a stratului de galiu, determinând ca orice modificare a grosimii stratului de galiu să determine o modificare a grosimii intervalului de separare care este egală și de semn opus cu modificarea grosimii stratului de galiu, grosimea stratului de galiu, grosimea intervalului de separare și numărul, poziția și grosimile straturilor dielectrice fiind determinate în baza unui altgoritm dedicat care să facă ca, pentru lungimea de undă dorită a luminii modulate, valoarea mică a coeficientului de reflexie, R_{MIC} , să fie foarte apropiată de valoarea zero și ea să corespundă stării de agregare solide a stratului de galiu, iar valoarea mare a coeficientului de reflexie R_{MARE} , ce corespunde stării de agregare lichide a stratului de galiu, să fie adusă la valoarea maxim posibilă, numită în continuare R_{MAX} , care este foarte aproape de limita maximă teoretic posibilă de 100%.
4. Întrerupător optic, conform revendicării nr. 3, **caracterizat prin aceea că**, coeficientul de reflexie R_{MIC} corespunde stării de agregare lichide a stratului de galiu, iar coeficientul de reflexie, R_{MAX} , corespunde stării de agregare solide a stratului de galiu.

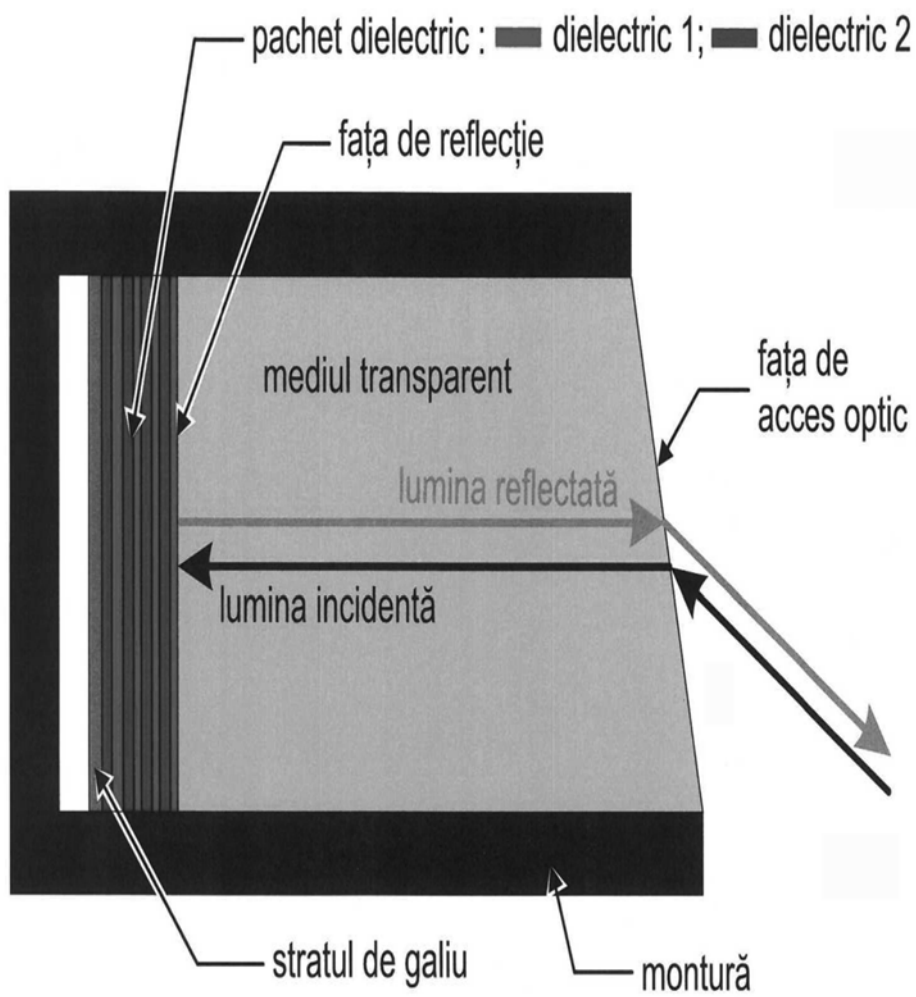


Fig. 1

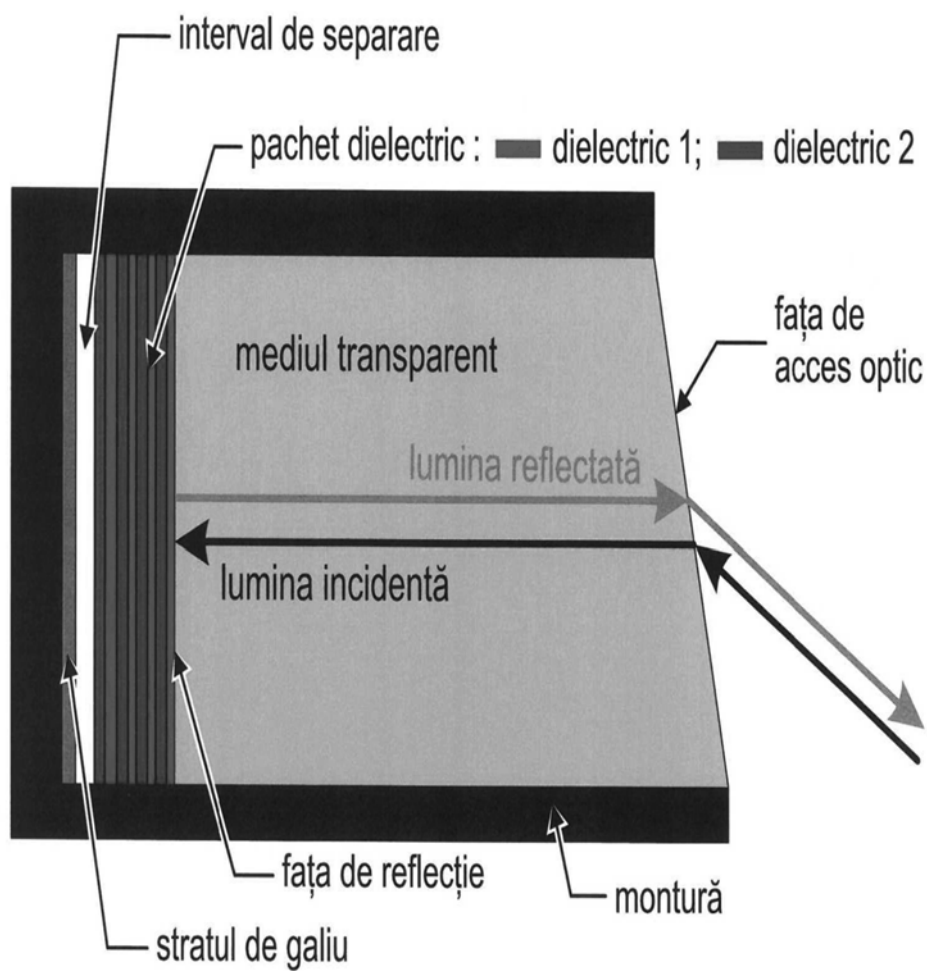


Fig. 2

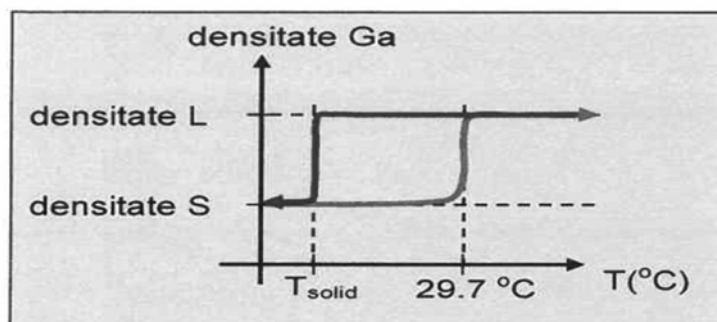


Fig. 3

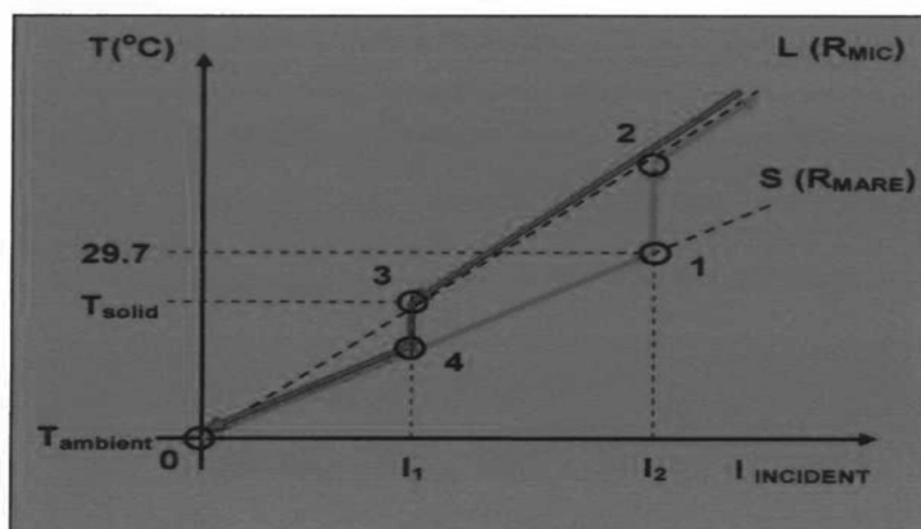


Fig. 4

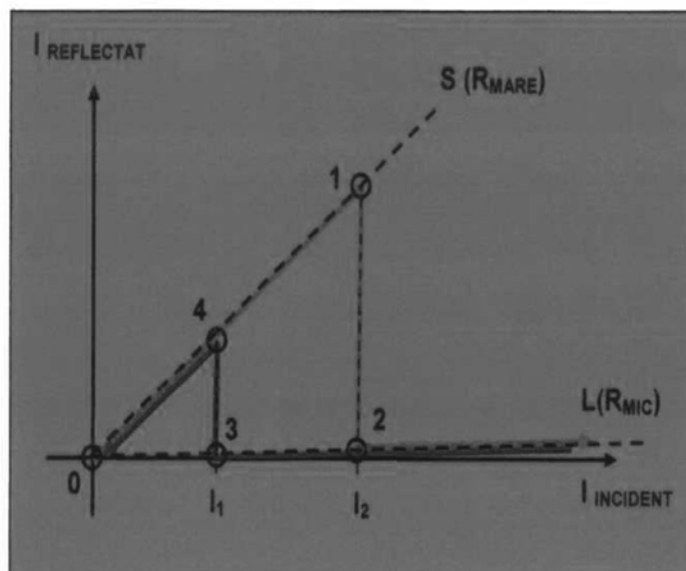


Fig. 5

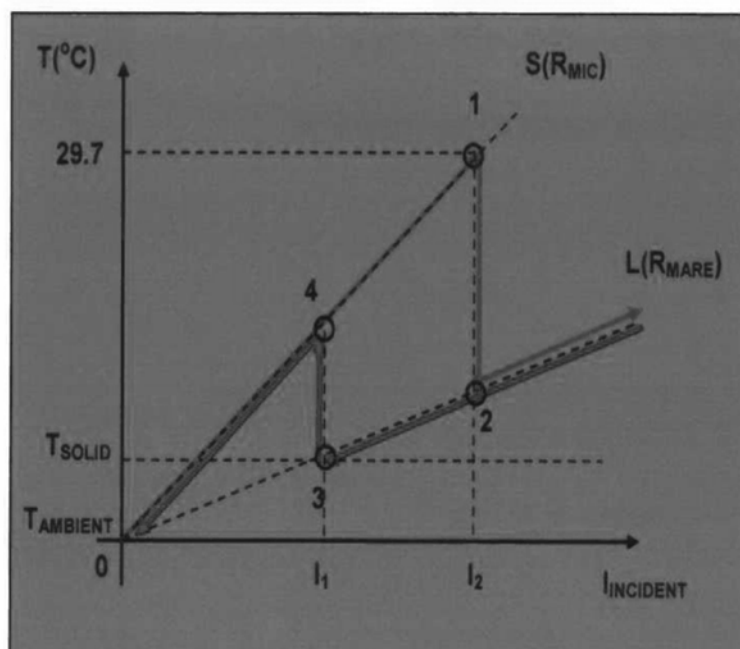


Fig. 6

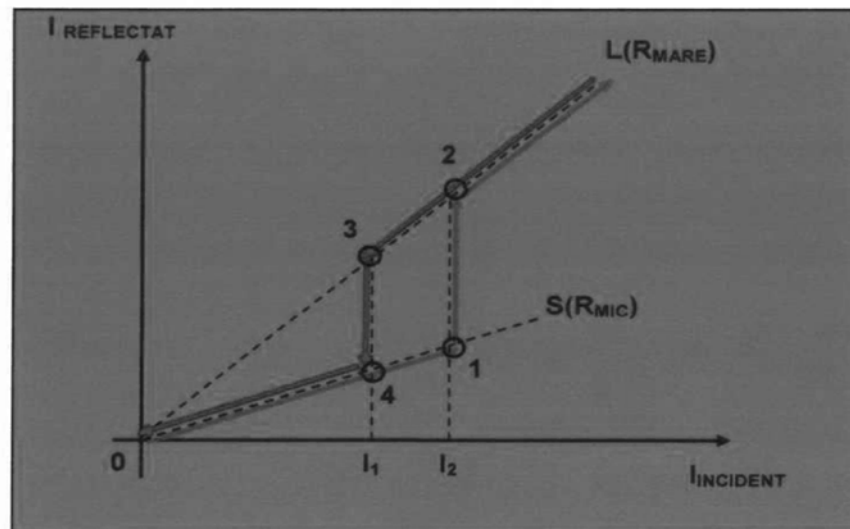


Fig. 7

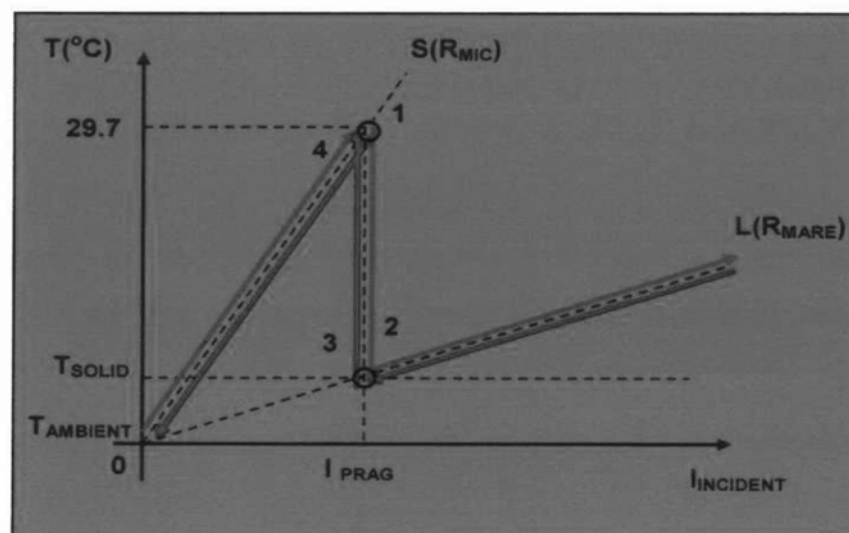


Fig. 8

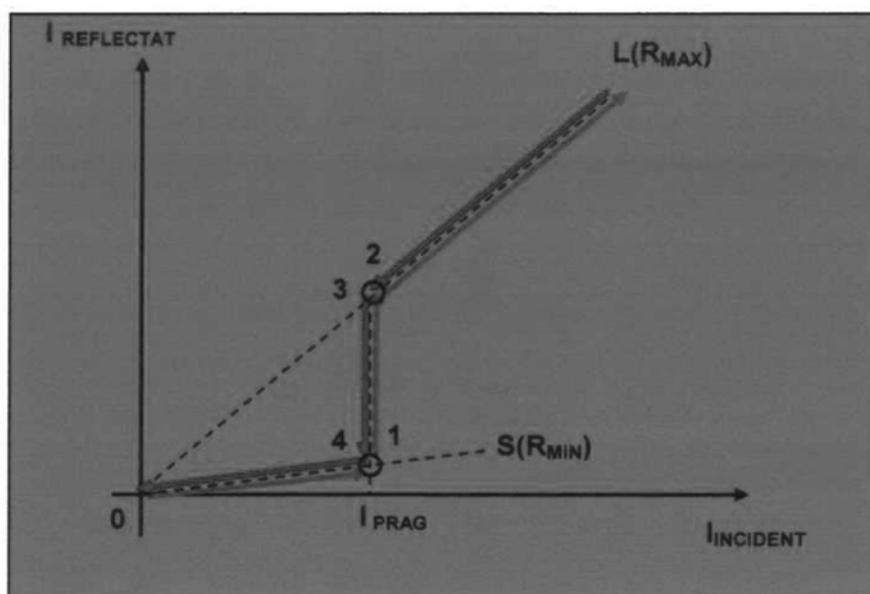


Fig. 9

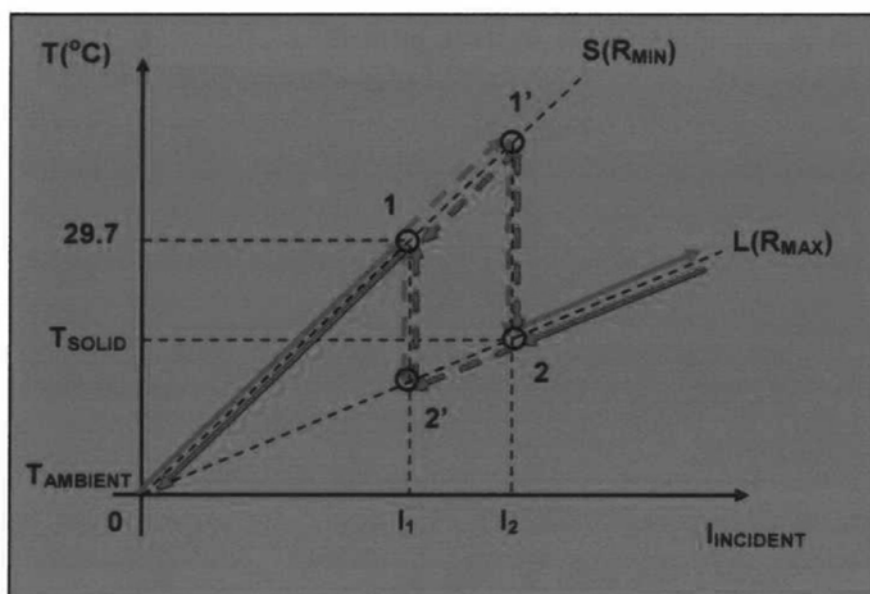


Fig. 10

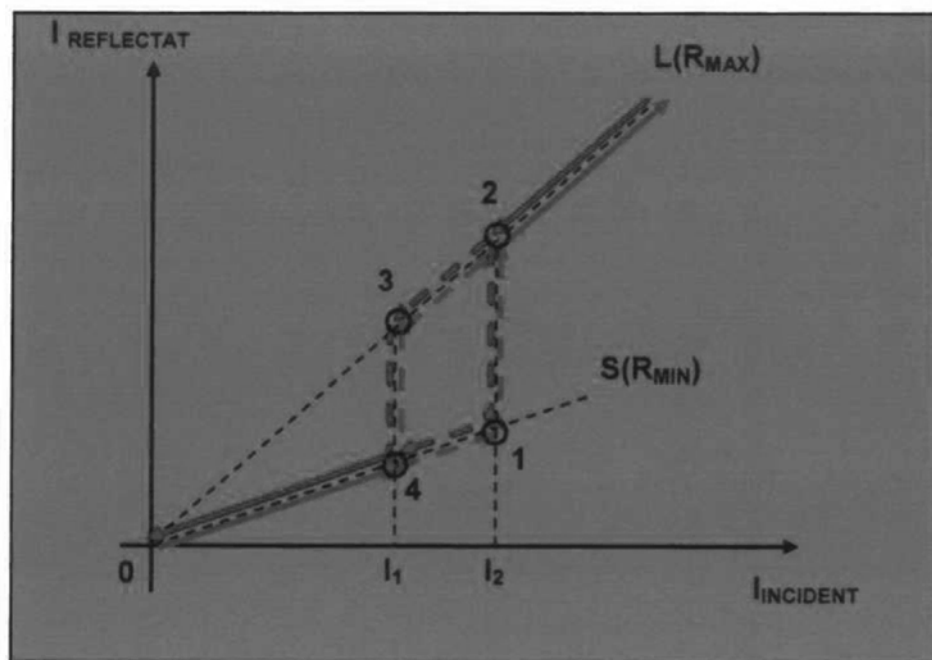


Fig. 11

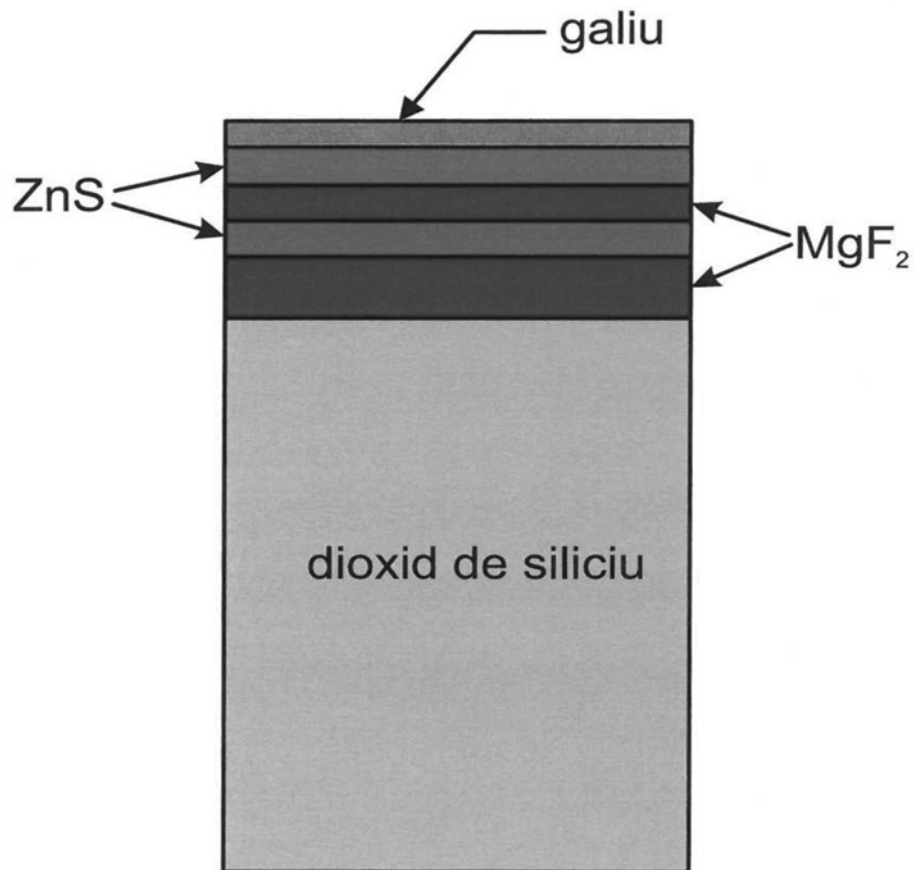


Fig. 12

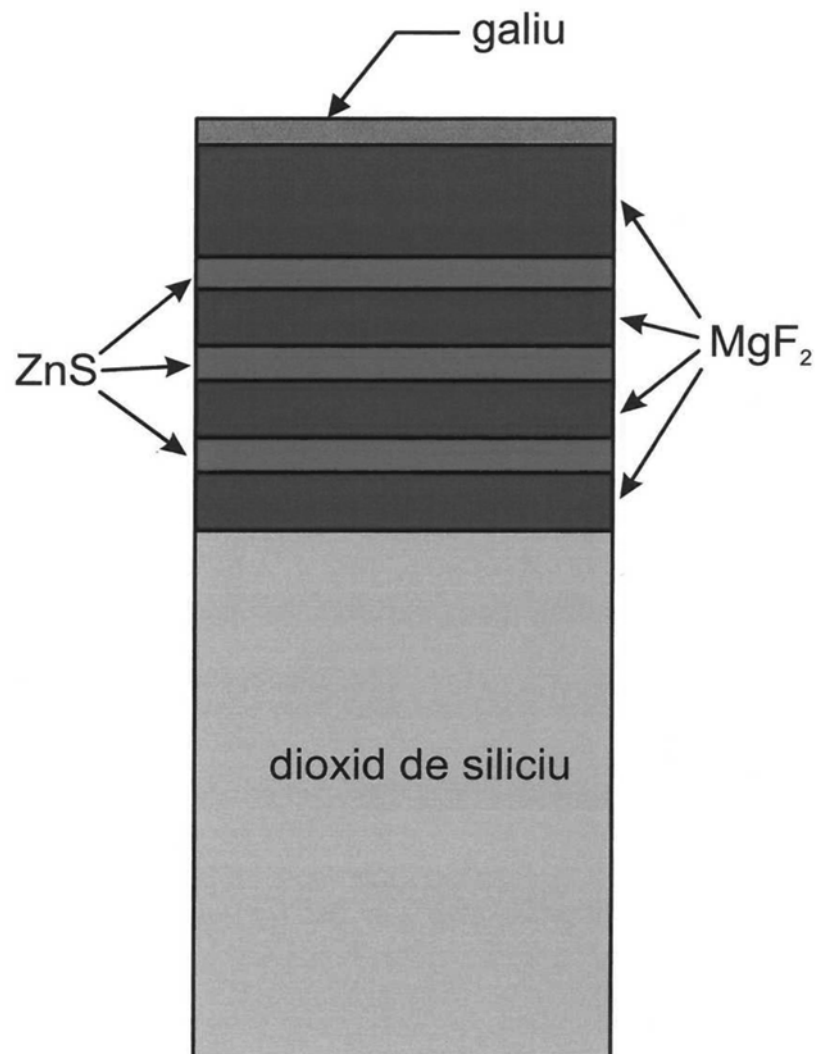


Fig. 13

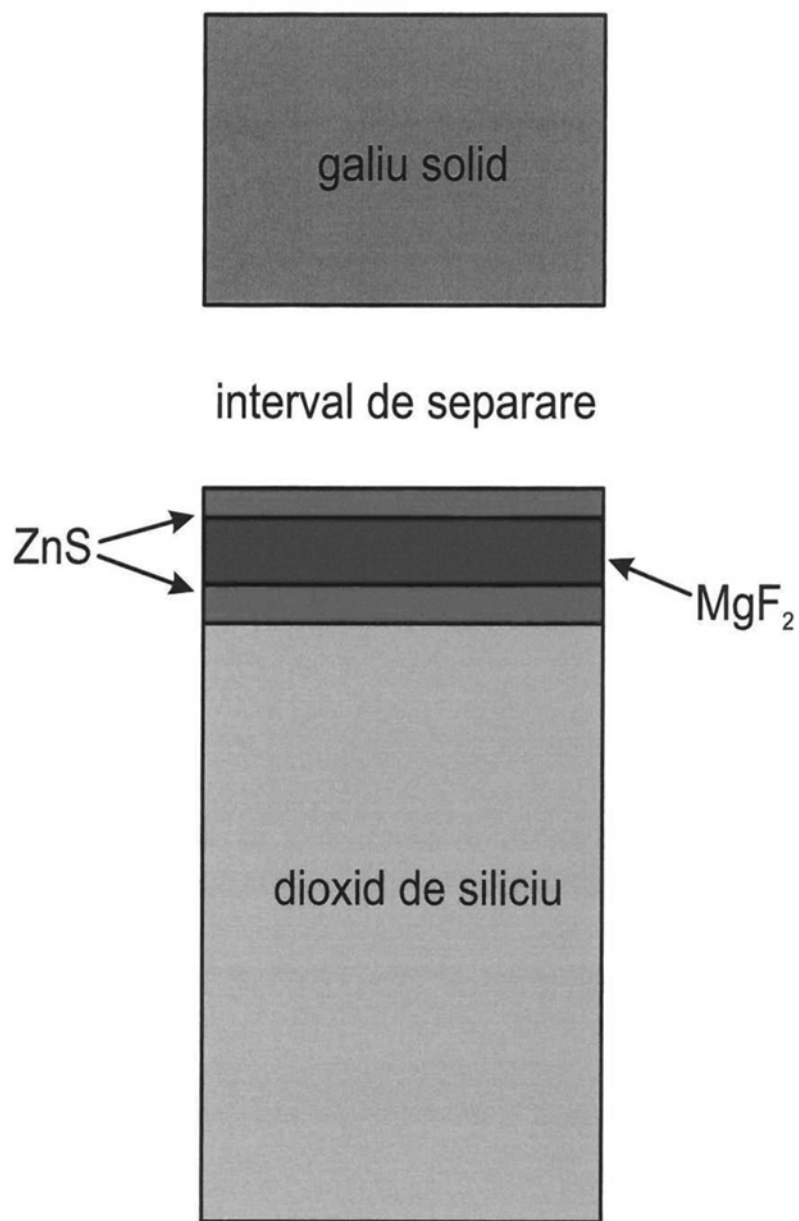


Fig. 14

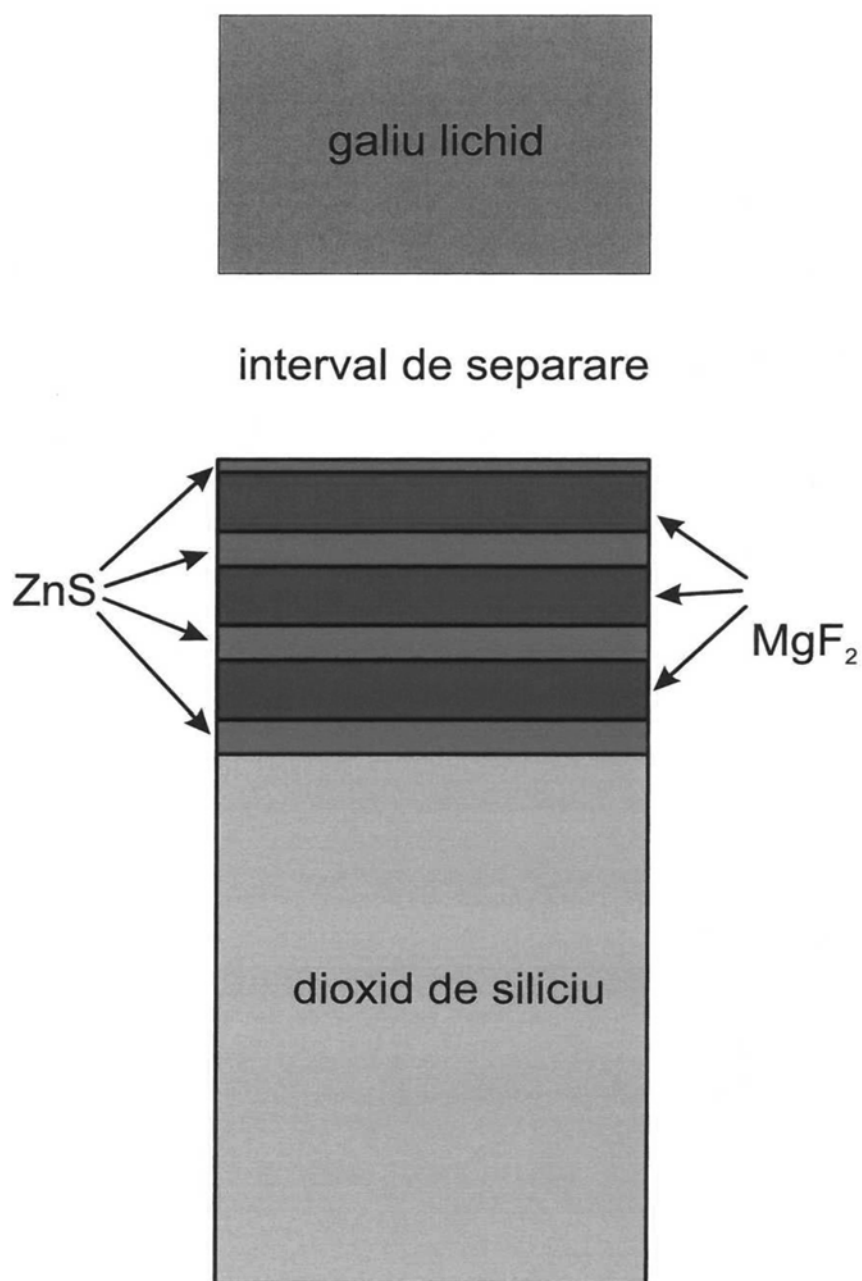


Fig. 15

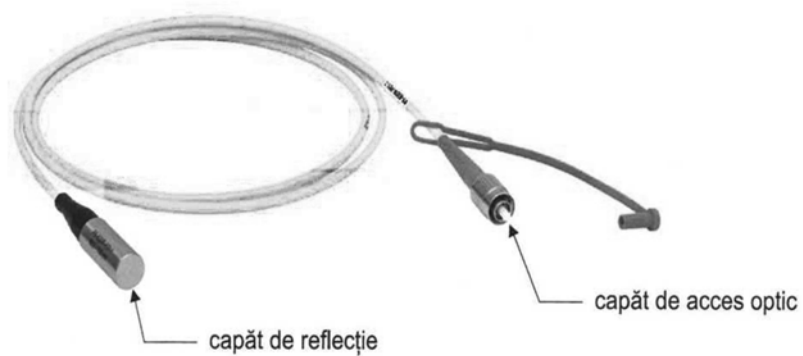


Fig. 16