



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2010 00061

(22) Data de depozit: 25.01.2010

(41) Data publicării cererii:
30.09.2011 BOPI nr. 9/2011

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE
DEZVOLTARE PENTRU TEHNOLOGII
IZOTOPICE ȘI MOLECULARE CLUJ
NAPOCA, STR. DONATH NR.65-103,
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

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

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un întrerupător optic pe bază de galiu, cu aplicații în domeniul optoelectronicii. Întrerupătorul optic, conform invenției, este alcătuit dintr-un pachet (2) de straturi subțiri, format din materiale transparente optic, cu indici de refracție judicios aleși, și un strat de galiu care, împreună, formează o structură fizică în care radiația optică incidentă se reflectă, valoarea coeficientului de reflexie având două valori extreme, una mică, egală sau apropiată de zero, și una substanțial mai mare, în funcție de starea de agregare în care se află galiul, lichidă sau solidă.

Revendicări: 6

Figuri: 11

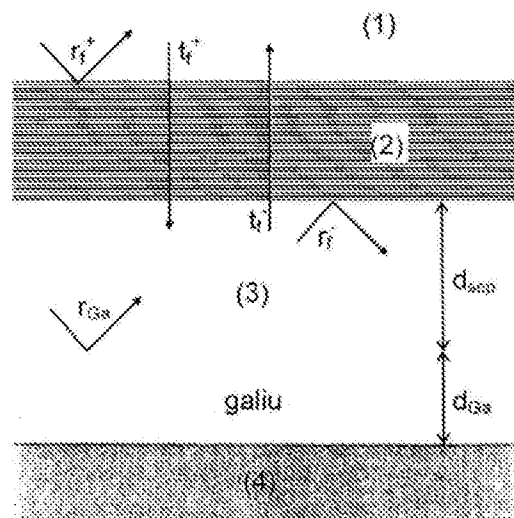


Fig. 1



Intrerupator optic pe baza de galiu cu aplicatii multiple

- descrierea inventiei -

Prezenta inventie se refera la un intrerupator optic pe baza de galiu care, in functie de varianta constructiva aleasa si valorile alese ale parametrilor punctului de functionare, poate avea diferite functionalitati si aplicatii.

1. Domeniul tehnic

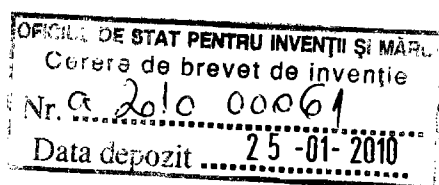
Domeniul tehnic in care se aplica inventia este cel al opticii si al optoelectronicii. In cele ce urmeaza enumeram cateva din posibilele aplicatii:

1.a) Siguranta optica automata resetabila

Un astfel de dispozitiv intrerupe fluxul luminos dintr-un circuit optic atunci cand intensitatea fluxului luminos depaseste o anumita valoare prag, I_2 , care prin magnitudinea ei poate deteriora anumite componente din circuitul optic. Trecerea sigurantei optice din starea "deschis" in starea "inchis" se realizeaza in mod automat, deodata ce intensitatea fluxului luminos atinge valoarea de prag I_2 . Siguranta optica va reveni in mod automat, din starea "inchis" in starea "deschis", atunci cand intensitatea fluxului luminos va cobora sub o anumita valoare de prag I_1 , care este mai mica sau egala decat I_2 .

1.b) Intrerupator de protectie al unui circuit optic.

Un intrerupator de protectie al unui circuit optic este un dispozitiv care permite intreruperea fluxului luminos intr-un circuit optic atunci cand mentinerea acestui flux luminos ar duce la producerea unor efecte nedorite, cum ar fi degradarea sau deteriorarea unor componente ale circuitului sau expunerea personalului din laborator unor riscuri. Intreruperea fluxului luminos poate fi initiata fie de o persoana operator, care supravegheaza functionarea circuitului optic, fie de un circuit de comanda care actioneaza atunci cand sunt intrunite anumite conditii – de exemplu, deschiderea accidentala a usii de la un laborator in care functioneaza laseri de putere.



Intrerupatorul optic propus are avantajul de a ramane in mod indefinit in starea „inchis” si dupa incetarea actiunii factorului declansator, care poate avea o intindere temporala finita.

1.c) Intrerupator de deschidere a unui circuit optic.

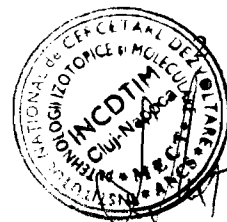
O alta varianta constructiva a intrerupatorului propus are ca rezultat obtinerea unui intrerupator de deschidere al unui circuit optic, care indeplineste functia inversa a intrerupatorului de protectie; intrerupatorul va trece din pozitia inchis in pozitia deschis sub actiunea unui factor declansator cu intindere temporala finita, si va ramane in mod indefinit in aceasta pozitie si dupa incetarea factorului declansator.

1.c) Modulator optic

In aceasta varianta functionala intrerupatorul optic poate trece din starea „inchis” in starea „deschis”, jucand rolul unui modulator „pozitiv”, sau invers, din starea „deschis” in starea „inchis”, jucand rolul unui modulator „negativ”, exclusiv pe perioada actiunii unui factor modulator extern. Astfel de modulatori pot fi folositi pentru modularea activa a factorului de castig Q intr-un sistem laser pentru obtinerea unei serii de impulsuri laser la momente de timp bine precizate.

1.d) Limitator optic inferior.

Un astfel de dispozitiv permite trecerea fluxului luminos printr-un circuit optic doar daca intensitatea fluxului luminos depaseste o anumita valoare de prag I_{PRAG} . Limitatorul optic va trece in mod automat din starea „inchis” in starea „deschis” de indata ce intensitatea fluxului luminos incident atinge valoarea de prag I_{PRAG} . Limitatorul optic va reveni in mod automat din starea „deschis” in starea „inchis” atunci cand intensitatea fluxului luminos va cobora la o valoare mai mica sau egala cu valoare de prag I_{PRAG} care este mai mica sau egala decat I_1 . O sub-aplicatie specifica pentru un astfel de limitator optic este aceea de modulator pasiv al factorului de castig Q al unei sistem laser.



2. Stadiul tehnicii

Tehnica intrerupatoare optice a cunoscut o dezvoltare insemnata odata cu aparitia Internetului, tehnologie ce presupune codificarea informatiei cu ajutorul pulsurilor de lumina si transmiterea acestora la distanta, prin intermediul fibrelor optice. Desi marea majoritate a tehnologiilor de fabricare a intrerupatoarelor optice au fost dezvoltate pentru aplicatii in domeniul telecomunicatiilor exista de asemenea aplicatii si in alte domenii cum ar fi cel medical, militar, aerospacial.

Unul dintre articolele de sinteza in ce priveste intrerupatoare optice este cel aparut in revista Journal of Lightwave Technology, volumul 21, numarul 2 din februarie 2003: „Optical Switching: Switch Fabrics, Techniques, and Architectures”, scris de Georgios I. Papadimitriou si co-autorii. Articolul face o trecere in revista a aplicatiilor, principiilor de functionare, tehnologiilor de fabricatie si a parametrilor de performanta pentru principalele categorii de intrerupatoare optice.

O clasificare din punctul de vedere functional imparte intrerupatoare optice in doua categorii. Prima categorie este cea a intrerupatoarelor de tipul „deschis-inchis” care au un singur port de intrare si un singur port de iesire - care pot fi acelasi in cazul unui intrerupator care lucreaza in reflexie. A doua categorie este cea a intrerupatoarelor care au unul sau mai multe porturi de intrare si unul sau mai multe porturi de iesire. Astfel lumina care patrunde pe unul din porturile de intrare este distribuita, simultan sau succesiv, la unul sau mai multe porturi de iesire. Aceasta a doua categorie de comutatori optici au fost dezvoltati pentru aplicatii in telecomunicatii.

In continuare facem o prezentare scurta a principalelor categorii de intrerupatoare optice din punctul de vedere al tehnologiei de fabricatie.

Intrerupatoarele opto-mecanice sunt acea categorie de intrerupatoare la care comutarea optica se realizeaza prin mijloace mecanice cu ajutorul a diferite componente optice, cum ar fi prisme sau oglinzi. O subcategorie a intrerupatoarelor opto-mecanice este cea bazata pe sisteme micro-



electro-mecanice, unde o retea de micro-suprafete reflectatoare sunt comandate electro-mecanic pentru a cupla lumina de la unul din porturile de intrare la unul din porturile de iesire.

Intrerupatoare electro-optice folosesc efectul de variatie a indicelui de refractie al unui material sub influenta unui camp electric extern. Variatia indicelui de refractie duce la o variatie de drum optic care schimba conditiile de interferenta pentru ramurile de iesire ale unui cuplor directiona. Astfel se poate schimba raportul dintre intensitatile luminoase de pe cele doua ramuri de iesire.

Intrerupatoarele termo-optice se bazeaza in principal pe variatia indicelui de refractie a unui material ca urmare a variatiei temperaturii.

Intrerupatoarele acusto-optice se bazeaza pe fenomenul de difractie a luminii pe un material supus actiunii unei unde acustice.

Intrerupatoarele bazate pe amplificatoare optice semiconductoare sunt intrerupatoare optice de tipul „deschis-inchis”. Ele se bazeaza pe faptul ca un mediu laser in care exista o inversiune de populatie favorizeaza intensificarea fluxului de lumina incident, situatie ce corespunde starii „deschis”, in timp ce lipsa unei inversiuni de populatie duce la o atenuare a fluxului de lumina incident, situatie ce corespunde starii „inchis”.

Intrerupatoarele cu cristale lichide se bazeaza pe schimbarea starii de polarizare a luminii de catre moleculele unui cristal lichid atunci cand acestea se aliniaza pe o anumita directie, sub influenta unui camp electric extern.

Unul din principalii parametri de performanta ai intrerupatoarelor optice este timpul de comutatie. Cele mai rapide intrerupatoare optice sunt cele electro-optice, variantele comerciale ale acestora punand la dispozitie timpi de comutatie de ordinul a catorva nanosecunde. In variante experimentale, de laborator, sau obtinut timpi de comutatie de sute de ori mai mici. De exemplu, Institutul National pentru Tehnologia Informatiei si Comunicatiilor din Japonia, a dat publicitatii, in aprilie 2009, realizarea unui dispozitiv opto-electronic al carui timp de comutatie este de aproximativ 26 picosecunde.



(http://www2.nict.go.jp/pub/whatsnew/press/h21/090402/090402_e.html#switch).

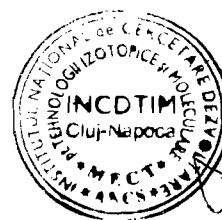
Un alt parametru de performanta important caracteristic intrerupatoarelor optice de tipul „deschis-inchis” este raportul de extinctie, corespunzator raportului dintre intensitatile luminoase de iesire pentru starile „deschis” si, respectiv, „inchis”. Reprezentativ din acest punct de vedere sunt intrerupatoarele bazate pe amplificatoare optice semiconductoare.

Utilizarea galiului in vederea realizarii unui nou tip de intrerupator optic a devenit un subiect de cercetare inca din anul 1997, fiind abordat pentru prima data de grupul domnului profesor Nikolay Zheludev de la Universitatea Southampton din Marea Britanie. [1-13]

Activitatea de cercetare pe acest subiect a valorificat proprietatea fizica remarcabila a galiului de crestere a coeficientului de reflexie sub influenta unui flux de lumina incident, atunci cand el este mentinut sub temperatura sa de topire de 29.7°C , dar in imediata vecinatate a acesteia. In cazul unei interfete Ga-sticla sau Ga-aer cresterea coeficientului de reflexie are loc intre limitele valorilor corespunzatoare starii solide, aproximativ 50-55%, si celei corespunzatoare starii lichide, aproximativ 80-85%. Aceste valori depind intr-o mica masura de lungimea de unda a luminii si de tehnologia de realizare a interfetei. Valorile diferite ale coeficientului de reflexie corespunzatoare starilor de agregare solida si respectiv lichida se explica prin valorile diferite ale indicelui de refractie complex corespunzatoare celor doua stari de agregare.

Desi schimbarea de reflectivitate absoluta a interfetei Ga-sticla poate ajunge la o valoare insemnata, de aproximativ 25-30%, raportul de extinctie este relativ modest, el situandu-se in jurul valorii $8/5 = 1,6$. Acest lucru este o consecinta a faptului ca variatia de reflectivitate are loc intr-o zona de valori relativ mari, de peste 50%. O solutie pentru cresterea factorului de extinctie, in conditiile mentinerii aceluasi interval de variatie a reflectivitatii, ar fi translatarea acestui interval in zona valorilor de reflectivitate mica, cat mai aproape de zero, lucru pe care si-l propune sa-l realizeze prezenta inventie.

3. Expunerea inventiei



Subiectul prezentei cereri de brevet este un intrerupator optic care lucreaza in reflexie si care se prezinta sub forma unui sistem optic interferometric. Acesta are in componenta sa, pe langa un pachet de straturi subtiri format din materiale transparente optic, cu indici de refractie judicios alesi, si un strat de galiu care joaca rolul principal in functionarea intrerupatorului. Operarea intrerupatorului consta in modificarea coeficientului de reflexie al intrerupatorului intre valoarea zero si o alta valoare diferita de zero, acest lucru realizeazandu-se ca urmare a modificarii starii de agregare a stratului de galiu, intre cea solida si cea lichida.

3.1. Modalitatea de actionare a intrerupatorului optic pe baza de galiu

Trecerea intrerupatorului din starea „deschis” in starea „inchis” are loc ca urmare a schimbarii starii de agregare a galiului, acesta fiind un proces de natura termica. Deci o modalitate evidenta de actionare a intrerupatorului este metoda directa, pe cale exclusiv termica, ce se realizeaza prin punerea in contact termic a intrerupatorului, cu un corp a carui temperatura este mai mare sau mai mica decat temperatura de topire a galiului, in functie de starea „inchis” sau „deschis” in care se doreste comutarea intrerupatorului optic. Totusi, este putin probabil ca o astfel de modalitate de actionare sa fie cea preferata in marea majoritate a aplicatiilor ce se vor dovedi utile pentru acest dispozitiv, in special datorita timpului de comutare relativ mare asociat transferului de caldura dintre doua corpuri puse in contact termic. O modalitate mult mai rapida de livrare a energiei necesare procesului de topire a galiului se poate realiza in mod indirect, pe cale electrica sau optica. Aceste modalitati de actionare permit obtinerea unui timp de raspuns considerabil mai scurt comparativ cu calea exclusiv termica.

Actionarea electrica a intrerupatorului optic presupune atasarea unei perechi de electrozi la stratul de galiu. Trecerea unui curent electric intre cei doi electrozi duce la incalzirea acestuia prin efect Joule. Astfel este livrata energia necesara pentru procesul de topire al galiului.

In cazul actionarii pe cale optica a intrerupatorului optic, energia necesara procesului de topire al galiului este asigurata de un flux luminos care este trimis pe stratul de galiu si se absoarbe in

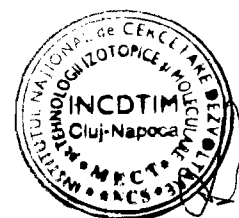


grosimea acestuia. Grosimea specifica de absorptie a undele electromagnetice din spectrul optic (UV-vizibil-infrarosu) pentru galiu este de cativa zeci de nanometri. In aceasta situatie, de intrerupator optic comandat optic, este important de remarcat faptul ca putem vorbi despre doua tipuri de fluxuri luminoase. Exista mai intai notiunea de fluxul luminos operant, care este cel folosit pentru actionarea intrerupatorului si care livreaza enegia necesara pentru topirea stratului de galiu. In al doilea rand, exista notiunea de flux luminos operat, care reprezinta fluxul luminos asupra caruia se doreste ca intrerupatorul optic sa actioneze; prin reflectarea sau nerefectarea acestuia cand intrerupatorul optic este in starea „deschis” si respectiv „inchis”. Pot exista situatii in care fluxul luminos operat joaca si rolul de flux luminos operant dupa cum pot exista si situatii in care fluxul luminos operant este distinct de fluxul luminos operat. In aceasta din urma situatie fluxul luminos operant poate fi livrat pe acelasi port ca si fluxul luminos operat sau pe o alta cale de intrare care asigura accesul la stratul de galiu.

Daca modalitatea de actionare a intrerupatorului care realizeaza trecerea galiului din stare solida in stare lichida se poate realiza in esenta pe trei cai distincte, termica, electrica si optica, in schimb, comutarea intrerupatorului corespunzatoare revenirii galiului din starea lichida in starea solida se poate face exclusiv pe cale termica prin disiparea energiei termice acumulate, astfel incat temperatura galiului sa coboare sub temperatura de solidificare. Acest lucru inseamna ca timpul de raspuns al intrerupatorului optic corespunzator trecerii galiului din stare lichida in stare solida, in marea majoritate a cazurilor de interes practic, va fi substantial mai mare decat in cazul transformarii inverse, el fiind practic limitat de viteza de scadere a temperaturii stratului de galiu, care depinde de temperatura si alte proprietati termice a mediului cu care se invecineaza stratul de galiu [7,8]. Timpul de comutare al intrerupatorului optic corespunzator disiparii energiei termice acumulate este de cateva sute sau mii de ori mai mare decat cel corespunzator procesului invers.

O consecinta evidenta a modalitatii de actionare a intrerupatorului optic este aceea ca acest dispozitiv trebuie mentinut intr-un mediu ambiental a carui temperatura este sub valoarea temperaturii de solidificare a galiului astfel incat sa fie posibila revenirea galiului in stare solida.

3.2. Principiul de functionare



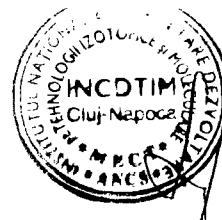
Intrerupatorul optic propus de prezenta cerere este de tipul „deschis-inchis” si este conceput pentru a opera in reflexie, la o anumita lungime de unda pre-determinata. Intrerupatorul optic reflexiv are un singur port, care este acelasi atat pentru lumina incidenta cat si pentru lumina reflectata.

O contributie originala a solutiei tehnice propuse aici, ce are ca rezultat un coeficient de extinctie ridicat, este aceea de a include stratul reflectator de galiu in structura unui sistem interferometric, judicios proiectat, astfel incat limita inferioara a intervalului de variatie a reflectivitatii sistemului astfel format sa fie egala cu zero sau cat mai aproape de zero. Comparativ cu situatiile studiate pana in prezent [1-13], in care sistemul optic reflexiv era format doar dintr-o interfata Ga-aer sau Ga-sticla si pentru care limita inferioara a intervalului de reflectivitate se situa in jurul valorii de 50-60%, in cazul de fata, intre mediul optic incident si stratul de galiu exista un pachet interferential format din unul sau mai multe straturi subtiri din materiale optic transparente si indici de refractie de valori alternate, mic-mare, care au rolul de a cobora limita inferioara a intervalului de variatie a reflectivitatii cat mai aproape de valoarea zero. Rezultatul deplasarii limitei inferioare a intervalului de variatie a reflectivitatii catre valoarea zero, in conditiile in care se mentine neschimbata marimea intervalului de variatie, este cresterea coeficientului de extinctie.

Deci comutarea intrerupatorului intre starile „inchis” si „deschis” consta in modificarea coeficientului de reflexie al sistemului interferometric intre o valoare mica, care este zero sau una foarte apropiata de zero, si o alta valoare, substantial mai mare. Aceasta modificare a coeficientului de reflexie apare ca urmare a modificarii starii de agregare a galiului. Exista doua mecanisme prin care modificarea starii de agregare a galiului poate induce modificarea coeficientului de reflexie a sistemului interferometric: variatia indicelui de refractie complex a galiului si variatia de volum a galiului la schimbarea starii sale de agregare.

3.2.a) Variatia indicelui de refractie complex

Existenta unei diferente intre indicii de refractie complecsi ai galiului, corespunzatori starilor de agregare solida si respectiv lichida, determina existenta unei diferente notabile, de aproximativ de 25-30%, intre valorile reflectivitatii galiului corespunzatoare acestor doua stari de agregare. Daca



indicele de refractie complex al galiului este singurul parparametru din structura sistemului interfereometric care se modifica atunci variatia de reflectivitate de 25-30% a galiului se va regasi si la nivelul reflectivitatii sistemului interferometric.

3.2.b) Variatia de volum

Proprietatea galiului de a-si mari volumul cu 3% ca urmare a trecerii sale din faza lichida in faza solida, la presiune atmosferica constanta, ofera o a doua modalitate de modificare a reflectivitatii pachetului interferential de straturi subtiri ce are in componenta stratul de galiu. Acest mecanism de modificare a reflectivitatii, ce urmeaza a fi descris mai jos, reprezinta o contributie originala a solutiei tehnice ce face obiectul prezentei cereri de brevet de inventie. Schimbarea de reflectivitate ce se poate obtine pe aceasta cale este de aproximativ 98% in valoare absoluta, deci, cu aproximativ 3-4 ori mai mare decat in cazul in care modificarea de reflectivitate este indusa exclusiv prin mecanismului modificarii indicelui de refractie complex.

Avand in vedere cele doua mecanisme amintite mai sus, prezenta cerere de brevet de inventie propune doua variante constructive distincte pentru intrerupatorul optic multifunctional pe baza de galiu.

Prima varianta este cea a intrerupatorului optic cu strat *subtire* de galiu, a carui grosime este de ordinul a cativa microni. Aceasta varianta constructiva valorifica atat variatia indicelui de refractie cat si variatia de volum a galiului pentru a induce variatia de reflectivitate a intrerupatorului optic. In aceasta varianta constructiva rolul principal in modificarea coeficientului de reflectivitate al intrerupatorului optic il are variatia de volum a galiului. Variatia de reflectivitate obtinuta in aceasta varianta constructiva este deosebit de mare, de aproximativ 98% in valoare absoluta.

Cea de-a doua varianta constructiva este cea a intrerupatorului optic cu strat *ultra-subtire* de galiu, a carui grosime este de ordinul a cativa zeci de nanometri. In aceasta varianta se foloseste in mod exclusiv variatia indicelui de refractie a galiului pentru a induce variatia de reflectivitate a intrerupatorului optic. Aceasta varianta constructiva ofera o variatie de reflectivitate mai mica dar



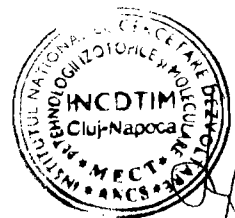
o tehnologie de fabricatie mai simpla, timpi de comutatie mai rapzi si, dupa cum se va vedea in cele ce urmeaza, posibilitatea de a comanda intrerupatorul optic cu puteri optice mai scazute.

Asa cum s-a mentionat deja, pentru ambele variante constructive se urmareste o pozitionare a intervalului de variatie a reflectivitatii in zona valorilor mici, astfel incat limita inferioara sa fie cat mai apropiata de zero, pentru obtinerea unui coeficient de extinctie cat mai mare.

Ambele variante constructive pot fi proiectate astfel incat starea de reflectivitate mica sa corespunda fie starii de agregare solida a galiului (intrerupator de tip S), fie starii de agregare lichida a galiului (intrerupator de tip L).

3.3. Intrerupator optic cu strat *subtire* de galiu

Modul de alcatuire al intrerupatorului optic in aceasta varianta constructiva este prezentat in figura 1. Mediul optic incident (1) poate fi format dintr-un material solid, optic transparent, cum ar fi, de exemplu, dioxidul de siliciu. Acest mediu optic incident are o fata plana de calitate optica pe care se depune pachetul interferential de straturi subtiri (2). Lumina care vine din mediul optic incident va trece prin pachetul interferential, va traversa un interval spatial de separare (3), de grosime mica din punct de vedere optic, si va ajunge la suprafata stratului de galiu. Stratul de galiu este depus pe un substrat suport (4) a carui pozitie in raport cu pachetul interferential si cu mediul optic incident este fixa. De aceea, modificarea grosimii stratului de galiu, ca urmare a schimbarii starii de agregare, va determina o deplasare a suprafetei libere a acestuia in raport cu pachetul interferential si implicit o modificare a grosimii intervalului spatial care separa pachetul interferential de stratul de galiu. Variatia grosimii intervalului spatial de separare va fi egala in modul si de semn contrar cu variatia grosimii stratului de galiu. Pentru a putea avea loc modificare grosimii intervalului spatial de separare este necesar ca acesta din urma trebuie sa fie vidat sau umplut cu un gaz transparent optic, la presiune scazuta. In acest fel nu va fi impiedicata deplasarea suprafetei libere a stratului de galiu atunci cand acesta isi va schimba starea de agregare.



Coeficientul de reflexie al structurii interferentiale astfel formate, in cazul in care intervalul spatial de separare este umplut, de exemplu, cu aer, este dat de urmatoarea expresie:

$$R = \left| \frac{r_{Ga} (t_f^+ t_f^- - r_f^+ r_f^-) \exp(-i2\pi n_{aer} d_{aer} / \lambda) + r_f^+}{1 - r_{Ga} r_f^- \exp(-i2\pi n_{aer} d_{aer} / \lambda)} \right|^2 \quad (1)$$

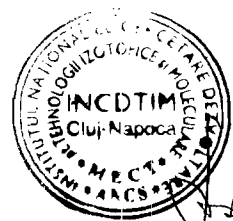
unde n_{aer} este indicele de refractie al aerului; d_{aer} este grosimea intervalului spatial de separare ce contine aer; λ este lungimea de unda a luminii asupra careia opereaza intrerupatorul optic; r_{Ga} este coeficientul Fresnel de reflexie la interfata aer/galiu; r_f^+ si t_f^+ sunt coeficientii Fresnel echivalenti de reflexie si respectiv transmisie ai interfetei dintre mediul optic incident si intervalul de separare iar r_f^- si t_f^- sunt coeficientii Fresnel echivalenti de reflexie si respectiv transmisie ai interfetei inverse, adica dintre intervalul de separare si mediul optic incident.

Ideea functionarii intrerupatorului optic in aceasta varianta este aceea ca modificarea starii de agregare a galiului va determina o modificare a valorilor d_{aer} si r_{Ga} in expresia coeficientului de reflexie R a intrerupatorului optic. Ca urmare a acestui lucru, pentru fiecare stare de agregare a stratului de galiu va corespunde o valoare a coeficientului de reflexie R . Este de dorit ca una din aceste valori sa fie cat mai apropiata de zero iar cealalta sa fie cat mai aproape de unitate pentru a obtine un coeficient de extinctie cat mai ridicat. In continuare descriem algoritmul de proiectare a structurii interferentiale a intrerupatorului optic pentru a obtine acest coeficient de extinctie ridicat.

Studiind formula coeficientului de reflexie R se poate observa mai intai ca daca pachetul interferential este format din materiale care nu absorb lumina incidenta, atunci, termenul $(t_f^+ t_f^- - r_f^+ r_f^-)$ are intotdeauna modulul egal cu unitatea. Intrucat si termenul $\exp(-i2\pi n_{aer} d_{aer} / \lambda)$ are modulul egal tot cu unitatea rezulta ca valoarea zero pentru coeficientul de reflexie R se poate obtine numai daca modulul lui r_f^+ este egal cu modulul lui r_{Ga} . In absenta unui pachet interferential judicios proiectat este putin probabila gasirea unui mediu optic incident pentru care $|r_{Ga}| = |r_f^+|$; de regula modulul lui r_f^+ este mai mic decat modulul lui r_{Ga} . De aceea rolul

pachetului interferential este de a aduce valoarea modului lui r_f^+ la cea a modului lui r_{Ga} . O data intrunita aceasta conditie, $|r_{Ga}| = |r_f^+|$, se poate gasi, pe cale numerica, doua tipuri de valori, pe care le notam cu $d_{aer}|_{R=0}$ si respectiv $d_{aer}|_{R=R_{max}}$, pentru care coeficientul de reflexie R are valoarea zero si respectiv o valoare maxima posibila. De fapt exista o infinitate de valori discrete de tipul $d_{aer}|_{R=0}$, si o infinitate de valori discrete de tipul $d_{aer}|_{R=R_{max}}$, ambele familii de valori reprezentand cate o progresie aritmetica. Grosimea stratului de galiu si pozitia acestuia in raport cu pachetul interferential trebuie astfel alese incat grosimea intervalului spatial de separare sa aiba o valoare de tipul $d_{aer}|_{R=0}$, pentru o anumita stare de agregare a galiului, si o valoare de tipul $d_{aer}|_{R=R_{max}}$ pentru cealalta stare de agregare a galiului. Asa cum am mentionat deja intrerupatorul optic este de tip S daca valoarea aleasa pentru $d_{aer}|_{R=0}$ corespunde starii de agregare solida sau va fi de tip L daca aceasta corespunde starii de agregare lichida. In cazul unui intrerupator de tip S valoarea lui $d_{aer}|_{R=0}$ va fi mai mica decat valoarea lui $d_{aer}|_{R=R_{max}}$ si invers in cazul unui intrerupator de tip L. In ambele situatii este de interes ca valorile $d_{aer}|_{R=0}$ si $d_{aer}|_{R=R_{max}}$ sa fie cat mai mici posibile pentru a asigura o coerenta cat mai buna pentru undele luminoase care interfera in structura interferometrica a intrerupatorului optic. Totusi, aceste valori trebuie sa fie suficient de mari pentru a inlatura eventuale dificultati de ordin tehnic in ce priveste constructia intrerupatorului. De aceea limita inferioara a intervalul de interes pentru aceste valori este de ordinul a cateva sute de nanometri. De asemenea este foarte important ca valorile alese pentru $d_{aer}|_{R=0}$ si $d_{aer}|_{R=R_{max}}$ sa fie cat mai apropiate intre ele deoarece acest lucru face posibil o valoare cat mai mica pentru grosimea stratului de galiu, d_{Ga} . Acest lucru rezulta din faptul ca trebuie respectata relatia $d_{Ga} \cdot 0.03 = |d_{aer}|_{R=R_{max}} - d_{aer}|_{R=0}|$. Existenta unei grosimi mici pentru stratul de galiu ajuta la micșorarea puterii necesare pentru actionarea intrerupatorului cat si la micșorarea timpilor de comutatie a acestuia.

Algoritmul de proiectare a structurii intrerupatorului optic in aceasta varianta constructiva consta in urmatoarele etape:



1. Proiectarea pachetului interferential de straturi subtiri cu indici de refractie alternanti astfel incat sa aducem modulul coeficientului de reflexie Fresnel r_f^+ la valoarea modulului coeficientului de reflexie Fresnel r_{Ga} .
2. Alegerea perechii de valori apropiate, $d_{aer}|_{R=0}$ si $d_{aer}|_{R=R_{max}}$, pentru care coeficientul de reflexie al intrerupatorului este zero si, respectiv, maxim posibil.
3. Alegerea grosimii stratului de galiu care satisface relatia $d_{Ga} \cdot 0.03 = |d_{aer}|_{R=R_{max}} - d_{aer}|_{R=0}|$.

In figurile 2 si 3, sunt prezentate cate un exemplu de intrerupator optic cu strat subtire de galiu de tip **S**, si respectiv unul de tip **L**. Ambele intrerupatoare sunt concepute pentru a opera pe lungimea de unda a radiatiei laser He-Ne, de 632.8 nm. Fiecare din aceste exemple se poate realiza pe capatul unei fibre optice uni-modale de telecomunicatii, fibra optica reprezentand atat portul de intrare cat si portul de iesire a intrerupatorului optic reflexiv. Zona activa a capatului de fibra optica, pe care se așează pachetul interferential de straturi subtiri, este zona miezului de fibra (1), prin care lumina se propaga si care are o sectiune transversala de aproximativ 8-12 microni. Deci atat mediul incident cat si mediul emergent al luminii asupra careia intrerupatorul optic opereaza este dioxidul de siliciu, care, pentru lungimea de unda de 632.8 nm si temperatura de 29.7 °C, are un indice de refractie egal cu 1.45702. In ambele exemple, de tip **S** si respectiv de tip **L**, pe capatul fibrei optice se depun straturi succesive de fluorura de magneziu si sulfura de zinc, care au indicii de refractie 1.383 si respectiv 2.35049. Aceste straturi sunt desenate, in fiecare din figurile 2 si 3, cu culoare rosie pentru fluorura de magneziu si respectiv cu verde pentru sulfura de zinc. Grosimea fiecarui strat este marcata pe desen. In cazul figurii 3, mentiunea "x 3" din dreptul primei perechi de straturi de fluorura de magneziu si sulfura de zinc indica faptul ca pachetul interferential contine o succesiune de 3 astfel de perechi de straturi.

In cazul intrerupatorului optic cu strat subtire de galiu de tip **S**, prezentat in figura 2, coeficientul minim de reflexie este practic egal cu zero, $2.59 \cdot 10^{-5} \%$, iar cel maxim este de 98.84 %.

În cazul întrerupătorului optic cu strat subțire de galiu de tip **L**, prezentat în figura 3, coeficientul minim de reflexie al întrerupătorului optic este de asemenea practic egal cu zero, $7.94 \cdot 10^{-6} \%$, iar cel maxim este de 98.84 %.

3.4. Întrerupător optic cu strat *ultra-subțire* de galiu

Modul de alcatuire a întrerupătorului optic în această variantă constructivă este prezentat în figura 4. Fata de varianta constructivă anterioară lipsește intervalul de separare, ceea ce înseamnă că stratul de galiu este depus direct pe pachetul interferențial de straturi subțiri (2). De aceea, în această variantă constructivă, variația de volum a stratului de galiu, ce are loc odată cu schimbarea stării de agregare a acestuia, nu mai joacă nici un rol în schimbarea coeficientului de reflexie. De aceea grosimea stratului de galiu trebuie să fie doar atât de mare încât să asigure o bună absorbție a luminii care cade pe acesta. O valoare de cativa zeci de nanometri pentru grosimea stratului de galiu satisface această condiție în cazul în care este vorba de radiație electromagnetică din spectrul optic, ultraviolet-vizibil-infraroșu.

Formula care exprimă coeficientul de reflexie al întrerupătorului optic este aceeași cu cea obținută pentru varianta constructivă anterioară cu mențiunea că termenul d_{aer} , în cazul acesta, are în mod necesar valoarea zero datorită lipsei intervalului spațial de separare.

Și în această variantă constructivă rolul pachetului interferențial de straturi subțiri este acela de a reduce la minimum coeficientul de reflexie R pentru o anumită stare de agregare a galiului, fie că această stare aleasă este cea solidă sau cea lichidă. În această variantă nu mai există nici o garanție că coeficientul de reflexie R va putea atinge valoarea zero, dar se pot obține totuși valori scăzute, sub nivelul de 1%. Valoarea minimă a coeficientului de reflexie R se va obține atunci când modulul lui r_f^+ este în imediată vecinătate a modulului lui r_{Ga} . Odată cu schimbarea stării de agregare a galiului coeficientul de reflexie R va crește cu peste 25% pe scara absolută.

Ca urmare a celor arătate mai sus putem concluziona că algoritmul de proiectare a structurii a întrerupătorului optic în această variantă constructivă constă dintr-o singură etapă:

1. Proiectarea pachetului interferential de straturi subtiri cu indici de refractie alternanti astfel incat sa minimizam valoarea coeficientului de reflexie al intrerupatorului optic. Acest lucru poate sa fie facut pentru oricare din starile de agregare a galiului.

In figurile 5 si 6 sunt prezentate cate un exemplu de intrerupator optic cu strat ultra-subtire de galiu, de tip **S** si respectiv de tip **L**. Elementele descriptive din aceste figuri au aceeasi semnificatie cu cele din figurile 2 si 3. Deosebirea care apare fata de exemplele de intrerupatoare cu strat subtire de galiu este lipsa intervalului spatial de separare. De aceea stratul ultra-subtire de galiu se depune direct pe pachetul interferential de straturi subtiri, nefiind necesar un alt substrat suport, cum era prevazut in varianta anterioara.

Calculule arata ca, in cazul exemplelor din figurile 5 si 6, un strat de galiu cu grosimea de 29 nm este suficient pentru ca radiatia care patrunde in stratul de galiu sa fie suficient de mult absorbita astfel incat sa se pastreze validitatea formulei (1) pentru coeficientul de reflexie.

In cazul intrerupatorului optic cu strat ultra-subtire de galiu de tip **S**, prezentat in figura 5, coeficientul minim de reflexie al intrerupatorului optic este 0.7874 % iar cel maxim este de 27.86 %.

In cazul intrerupatorului optic cu strat ultra-subtire de galiu de tip **L**, prezentat in figura 6, coeficientul minim de reflexie al intrerupatorului optic este 0.30 % iar cel maxim este de 30.38 %.

3.5. Functionalitatea si aplicatiile intrerupatorului optic pe baza de galiu.

Diferentele de functionalitate intre variantele de intrerupator optic, cu strat subtire si respectiv ultra-subtire de galiu, sunt mai degraba de ordin cantitativ si ele au fost evindentiate in descrierea principiului de functionare a acestuia. Asa cum se va arata in continuare o diferenta notabila de functionalitate, de ordin calitativ, exista intre variantele de tip **S** si respectiv **L** ale intrerupatorului optic.

Pentru a intelege functionalitatea intrerupatorului optic este necesar sa cunoastem mai intai faptul ca procesul de topire si re-solidificare al galiului este un proces ciclic care prezinta fenomenul de histeresis. Aceasta proprietate de histeresis este ilustrata in figura 7. Aceasta figura prezinta dependenta densitatii galiului in functie de temperatura in vecinatatea temperaturilor de topire si solidificare. In timp ce temperatura de topire are o valoare bine determinata la presiunea atmosferica, de 29.7 grade Celsius, s-a observat ca valoarea temperaturii de solidificare nu are intotdeauna aceeasi valoare, acest depinzand de modul in care are loc procesul de solidificare. Temperatura de solidificare poate fi, aproximativ, cu doua pana la optsprezece grade Celsius mai mica decat temperatura de lichefiere. In figura 7 procesul de topire este marcat cu linie verde iar procesul de solidificare este marcat cu linie rosie. Densitatea galiului in stare lichida este mai mare decat in stare solida; volumul galiului creste cu 3% in procesul de solidificare.

3.5.1. Functionalitatea si aplicatiile intrerupatorului optic pe baza de galiu de tip L.

Functionalitatea intrerupatorului optic de tip L este ilustrata cu ajutorul figurilor 8a si 8b, in care se prezinta diagrama temperatura - intensitatea fluxului luminos incident ($T-I_{\text{INCIDENT}}$) pentru stratul de galiu si, respectiv, diagrama intensitatea reflectata – intensitatea incidenta ($I_{\text{REFLECTAT}}-I_{\text{INCIDENT}}$) pentru intrerupatorul optic. Ambele diagrame corespunzand regimului stationar. Intre cele doua tipuri de diagrama exista o legatura de determinare directa, prima determinand-o pe cea de-a doua.

Functionalitatea descrisa in figurile 8a si 8b presupune o temperatura ambientala mai mica decat temperatura de solidificare a galiului, ceea ce inseamna ca in absenta unui flux luminos incident stratul de galiu se afla la temperatura ambientala. Figura 8a descrie variatia temperaturii galiului de-a lungul unui ciclu de crestere-decrestere a intensitatii fluxului incident, curba corespunzatoare cresterii intensitatii incidente fiind marcata cu verde iar cea corespunzatoare scaderii intensitatii incidente fiind marcata cu rosu.

Atata timp cat galiul se afla in stare solida, temperatura acestuia va creste relativ lent cu intensitatea fluxului incident pentru ca stratul de galiu absoarbe putina energie de la fluxul luminos incident, in conditiile in care coeficientul de reflexie ramane la o valoare relativ ridicata.

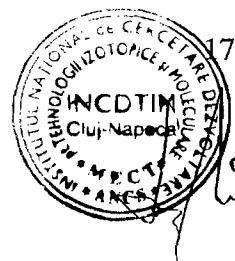


Exista deci o panta de crestere a temperaturii corespunzatoare starii de agregare solida a galiului, unde reflectivitatea este relativ ridicata. Dreapta asociata acestei pante este marcata cu linie intrerupta si este indicata prin simbolul $S(R_{MAX})$.

In momentul in care intensitatea luminoasa incidenta creste la o anumita valoare, pe care o notam cu I_2 , galiul ajunge la temperatura de topire si temperatura inregistreaza un salt brusc ca urmare a faptului ca punctul de functionare din diagrama trece pe o alta panta de crestere a temperaturii. Aceasta panta corespunde starii lichide a galiului, unde coeficientul de reflexie are o valoare relativ mica si favorizeaza incalzirea stratului de galiu ca urmare a absorptiei fluxului luminos incident. Dreapta asociata acestei pante este marcata cu linie intrerupta si este indicata prin simbolul $L(R_{MIN})$.

In momentul in care intensitatea fluxului luminos incident coboara si atinge o valoare notata I_1 galiu atinge valoarea temperaturii de solidificare si punctul de functionare din diagrama revine pe panta de variatie corespunzatoare starii solide. Se observa ca diagrama $T-I_{INCIDENT}$ prezinta o caracteristica de histeresis la care contribuie atat caracteristica de histeres a procesului de topire-solidificare a galiului, ilustrata in figura 7, cat si reflectivitatile diferite ale stratului de galiu in cele doua stari de agregare. Deci caracteristica de histeresis a diagramei $T-I_{INCIDENT}$ se pastreaza chiar daca temperatura de solidificare a galiului ar fi egala cu temperatura de topire. In figura 8a se poate observa existenta a cinci puncte semnificative, numerotate de la 0 la 4, zero corespunzand situatiei in care stratul de galiu se afla la temperatura ambianta, in absenta unui flux luminos incident. Punctele 0-4 indica parametrii de temperatura si intensitate a fluxului luminos incident unde se modifica tipul de evolutie a punctului de functionare din diagrama.

Diagrama din figura 8a poate fi tradusa intr-o diagrama de tipul $I_{REFLECTAT}-I_{INCIDENT}$, care este prezentata in figura 8b. Si in cazul acestei diagrame, intensitatile I_1 si I_2 , si punctele numerotate de la 0 la 4 pastreaza aceeasi semnificatie fizica ca si in cazul diagramei anterioare. Similar celor mentionate in cazul diagramei $T-I_{INCIDENT}$, si in cazul diagramei $I_{REFLECTAT}-I_{INCIDENT}$, simbolurile $S(R_{MAX})$ si $L(R_{MIN})$ indica dreptele asociate pantelor de variatie a intensitatii reflectate cu intensitatea incidenta pentru situatiile in care stratul de galiu se afla in stare solida si respectiv lichida.



In functie de pozitia punctului de functionare pe diagrama $I_{REFLECTAT}$ - $I_{INCIDENT}$ si in functie de magnitudinea factorului modulator se pot identifica cateva aplicatii importante pentru acest tip de intrerupator optic.

3.5.1.a) Siguranta optica automata resetabila

Daca punctul de functionare este pe dreapta $S(R_{MAX})$, intre punctul 0 si 1 al diagramei $I_{REFLECTAT}$ - $I_{INCIDENT}$ atunci intrerupatorul poate juca rolul unei sigurante optice automate. Nivelul de intensitate luminoasa incidenta la care coeficientul de reflexie scade brusc la o valoare mica este la valoarea I_2 . Odata atins acest nivel siguranta optica ramane in pozitia „inchis” atata timp cat nivelul intensitatii luminoase incidente nu coboara sub valoarea I_1 . Siguranta optica se reseteaza in mod automat, adica coeficientul de reflexie revine la valoarea ridicata initiala, de indata ce intensitatea luminoasa incidenta coboara sub valoarea I_1 .

3.5.1.b) Intrerupator optic de protectie al circuitelor optice

Daca punctul de functionare este pe dreapta $S(R_{MAX})$, intre punctul 4 si 1 al diagramei $I_{REFLECTAT}$ - $I_{INCIDENT}$ atunci intrerupatorul poate fi folosit pentru intreruperea fluxului luminos intr-un circuit optic prin actiunea unui factor modulator de scurta durata. Pentru un astfel de punct de functionare stratul de galiu se afla in stare solida, la o temperatura cuprinsa intre temperatura de topire si temperatura de solidificare. Un factor modulator de scurta durata, dar suficient de intens, cum ar fi un puls de curent electric prin stratul de galiu sau un puls suplimentar de intensitate luminoasa incidenta, poate determina trecerea stratului de galiu in stare lichida, subracita. Astfel punctul de functionare de pe diagrama realizeaza un salt de pe segmentul 4-1 pe segmentul 2-3, unde coeficientul de reflexie are valoare mica. Astfel, in urma unui puls modulator, intrerupatorul trece din starea deschis in starea inchis si ramane in aceasta stare si dupa disparitia pulsului modulator.

3.5.1.c) Modulator optic negativ



Daca punctul de functionare este pe dreapta $S(R_{MAX})$, intre punctul 0 si 4 al diagramei $I_{REFLECTAT}-I_{INCIDENT}$ din figura 8b atunci intrerupatorul poate folosit ca modulator optic negativ, adica acesta poate trece din starea „deschis” in starea „inchis” sub influenta unui factor modulator extern. Pentru ca acest lucru sa fie posibil este necesar ca factorul modulator sa aiba o magnitudine suficient de mare pentru a determina trecerea stratului de galiu din stare solida in stare lichida. La incetarea actiunii factorului modulator intrerupatorul va reveni la starea „deschis”.

3.5.2. Functionalitatea si aplicatiile intrerupatorului optic pe baza de galiu de tip S.

In cazul intrerupatorului de tip S, in functie de pozitia temperaturii ambientale si a temperaturii de solidificare a galiului in raport cu temperatura de topire si in functie de valorile reflectivitatii pentru starea solida si respectiv lichida a stratului de galiu, putem indentifica doua subtipuri de functionalite. Primul subtip de functionalitate o denumim functionalitae cu histeresis stabil. Diagramele $T-I_{INCIDENT}$ si $I_{REFLECTAT}-I_{INCIDENT}$ ale acestui tip de functionalitate sunt descrise in figurile 9a si respectiv 9b. Al doilea subtip de functionalitate o denumim functionalitae cu histeresis instabil si acest tip este descris de catre diagramele $T-I_{INCIDENT}$ si $I_{REFLECTAT}-I_{INCIDENT}$ din figurile 10a si respectiv 10b. Cazul limita care face trecerea de la functionalitatea cu histeresis stabil la cea cu histeresis instabil este descris in figurile 11a si 11b, care contin diagramele $T-I_{INCIDENT}$ si $I_{REFLECTAT}-I_{INCIDENT}$ pentru acest caz particular.

Subtipul de functionalitate descris in figurile 10a si 10b poarta denumirea de functionalitate cu histeresis instabil deoarece atunci cand intensitatea fluxului luminos incident se afla intre valorile marcate cu I_1 si I_2 intensitatea fluxului luminos nu are o valoara stabila. De exemplu, daca stratul de galiu s-ar afla in stare solida atunci reflectivitatea ar fi de asa natura incat ar determina trecerea acestuia in stare lichida si, viceversa, daca stratul de galiu s-ar afla in stare solida atunci reflectivitatea ar fi de asa natura incat ar determina trecerea acestuia in stare lichida.

Simbolurile si notatiile folosite in figurile 9-11, pentru a descrie diversele tipuri de functionalitate ale intrerupatorului optic de tip S au o semnificatie similara ca si in cazul figurilor 8a si 8b unde s-a descris functionalitatea intrerupatorului optic de tip L.



Aplicatiile posibile ale intrerupatorului optic de tip S sunt urmatoarele:

3.5.2.a) Intrerupator de deschidere a unui circuit optic

Daca punctul de functionare al intrerupatorului optic se afla pe dreapta $S(R_{MIN})$ intre punctele 1 si 4 ale diagramei $I_{REFLECTAT}-I_{INCIDENT}$ din figura 9b, atunci el va putea trece in starea „deschis” si va ramane acolo in mod indefinit doar in urma actiunii unui factor modulator de scurta durata. Factorul modulator trebuie sa fie doar suficient de intens pentru a induce tranzitia de faza a stratului de galiu din faza solida in cea lichida.

3.5.2.b) Modulator optic pozitiv

Daca punctul de functionare se afla pe dreapta $S(R_{MIN})$ intre punctele 0 si 4 ale diagramei $I_{REFLECTAT}-I_{INCIDENT}$ din figura 9b, atunci intrerupatorul poate folosit ca modulator optic pozitiv, adica acesta poate trece din starea „inchis” in starea „deschis” sub influenta unui factor modulator extern. Pentru ca acest lucru sa fie posibil este necesar ca factorul modulator sa aiba o magnitudine suficient de mare pentru a determina trecerea stratului de galiu din stare solida in stare lichida. La incetarea actiunii factorului modulator intrerupatorul va reveni la starea „inchis”. Intrerupatorul optic poate fi folosit ca modulator optic pozitiv si in cazul in care diagrama $I_{REFLECTAT}-I_{INCIDENT}$ este cea din figurile 10b sau 11b daca punctul de functionare se afla pe dreapta $S(R_{MIN})$ intre punctele 0 si 4 si, respectiv, 0 si 1.

3.5.2.c) Limitator optic inferior

Acest tip de aplicatie se distinge prin faptul ca factorul modulator al intrerupatorului optic este insusi fluxul optic asupra carui opereaza intrerupatorul. In cazul diagramei $I_{REFLECTAT}-I_{INCIDENT}$ din figura 11b se observa ca intrerupatorul este in pozitia „inchis” pentru o intensitate a fluxului luminos incident mai mica decat I_{PRAG} si este in pozitia „deschis” pentru valori mai mari decat I_{PRAG} . Acest tip de functionalitate este util pentru realizarea unui modulator pasiv al factorului de castig Q al unei sistem laser (passive Q-switching device).

Intrerupator optic pe baza de galiu cu aplicatii multiple

- revendicari -

Se revendica urmatoarele :

- 1) Un intrerupator optic reflexiv care contine un strat de galiu cu precizarea ca intrerupatorul mai include un pachet format din unul sau mai multe straturi subtiri de materiale optic transparent, care, impreuna cu stratul de galiu, formeaza o structura fizica in care radiatia optica incidenta se reflecta, valoarea coeficientului de reflexie avand doua valori extreme, una mica egala sau apropiata de zero si una substantial mai mare, in functie starea de agregare in care se afla galiul, lichida sau solida.
- 2) Un dispozitiv ca la punctul 1 cu precizarea ca starea de reflectivitate mica corespunde starii solide a galiului iar cea de reflectivitate mare starii lichide a galiului.
- 3) Un dispozitiv ca la punctul 1 cu precizarea ca starea de reflectivitate mica corespunde starii lichide a galiului iar cea de reflectivitate mare starii solide a galiului.
- 4) Un dispozitiv ca la punct 2 sau 3 cu precizarea ca variatia coeficientului de reflectivitate al intrerupatorului se bazeaza exclusiv pe variatia indicelui de refractie complex al galiului, variatie ce are loc la schimbarea starii de agregare a acestuia.
- 5) Un dispozitiv ca la punct 4 cu precizarea ca variatia coeficientului de reflectivitate al intrerupatorului se bazeaza si pe variatia grosimii statului de galiu, variatie ce are loc la schimbarea starii de agregare a acestuia.
- 6) Un intrerupator ca la punctul 4 sau 5 cu precizarea ca schimbarea starii de agregare a galiului se poate realiza fie in mod direct, prin contact termic cu alte corpuri, fie in mod indirect pe cale electrica, prin efect Joule, sau pe cale optica, prin absorptia luminii in stratul de galiu si transformarea acesteia in energie termica.



Intrerupator optic pe baza de galiu cu aplicatii multiple

- desene -

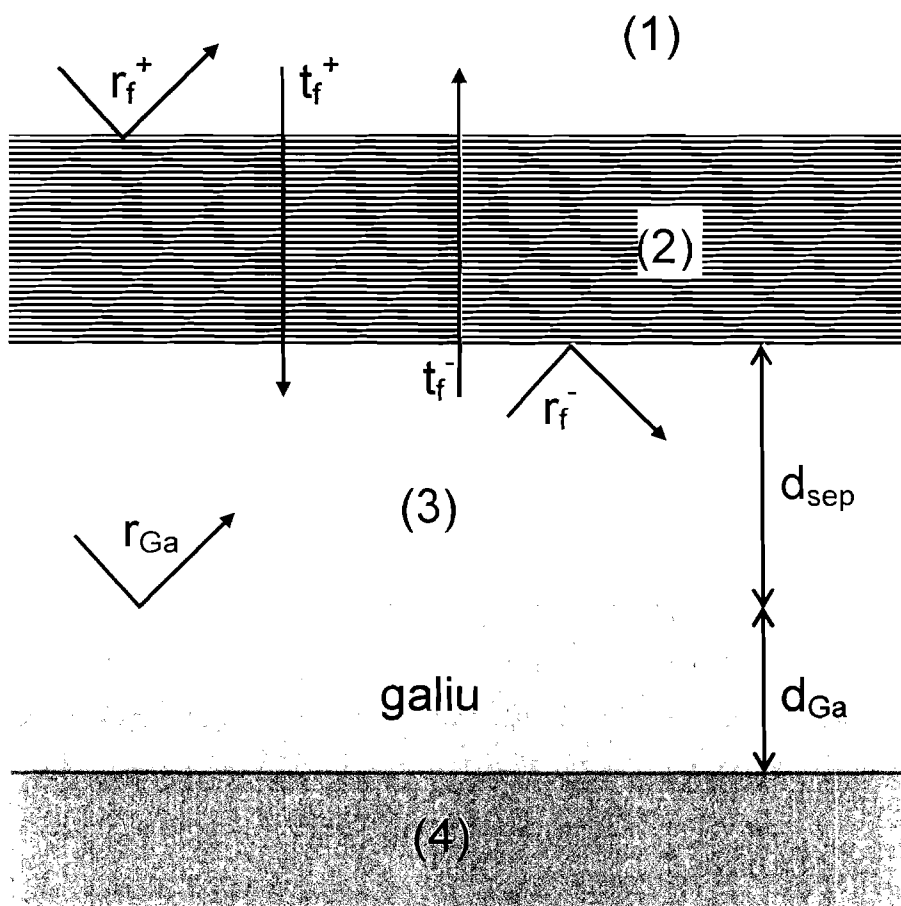


Figura 1. Structura fizica a intrerupatorului optic cu strat subtire de galiu.



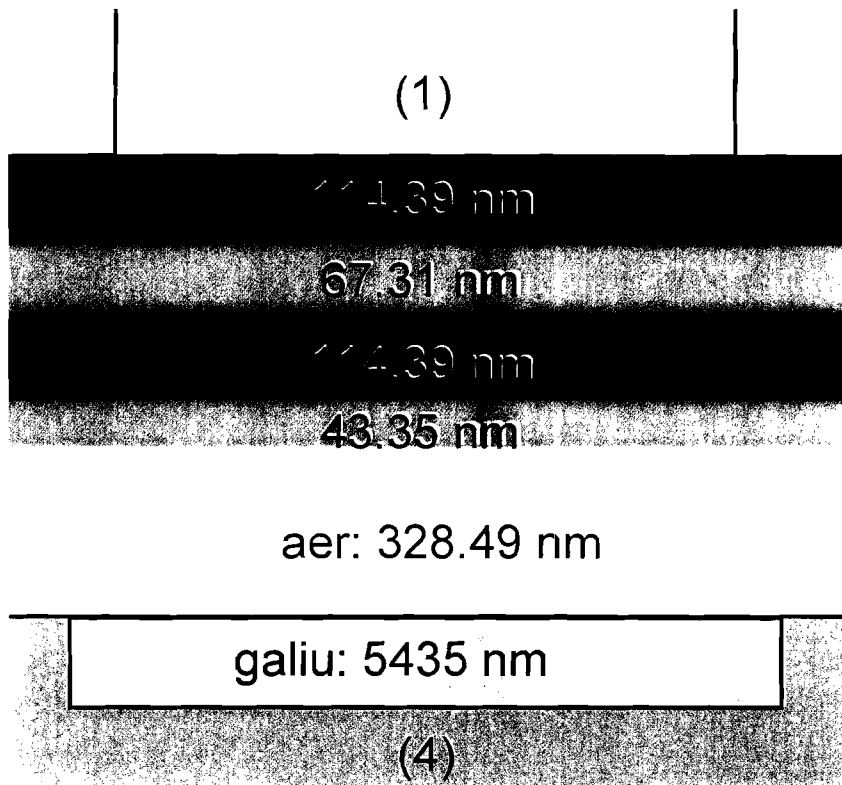


Figura 2. Structura intrerupatorului optic cu strat subtire de galiu de tip S, la lungimea de unda de 632.8 nm.

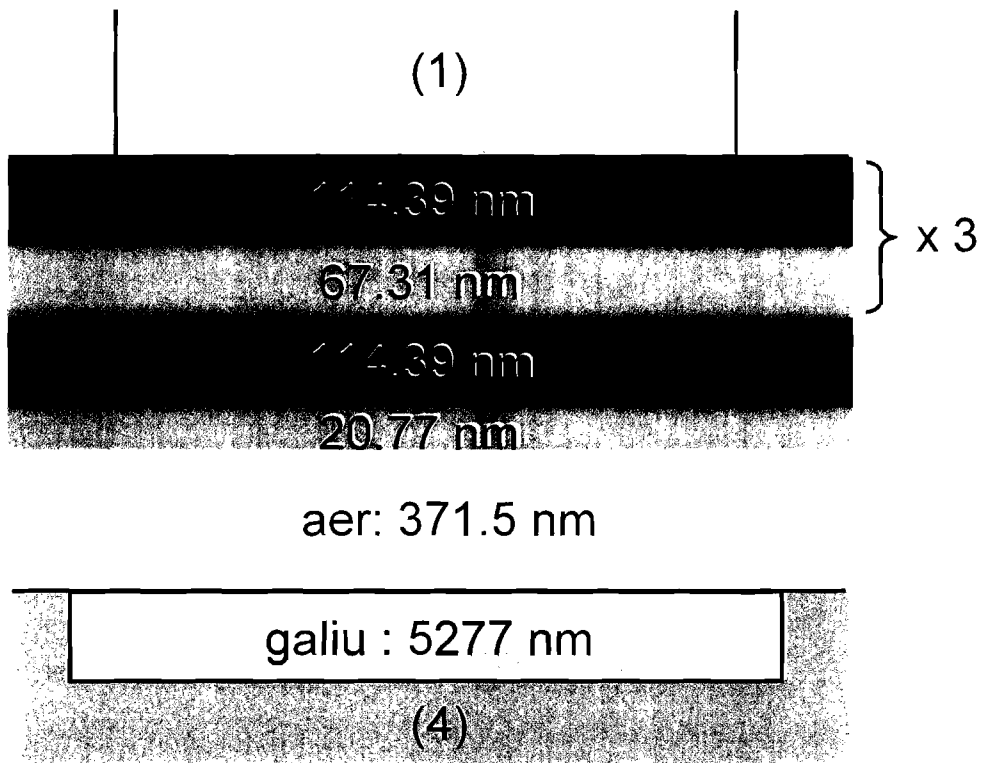


Figura 3. Structura intrerupatorului optic cu strat subtire de galiu de tip L, la lungimea de unda de 632.8 nm.

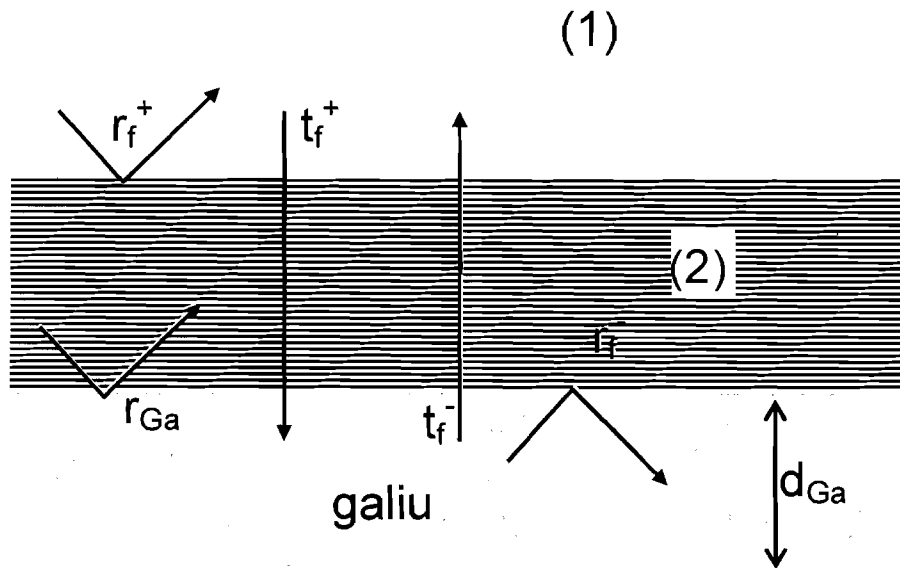


Figura 4. Structura fizica a intrerupatorului optic cu strat ultra-subtire de galiu.



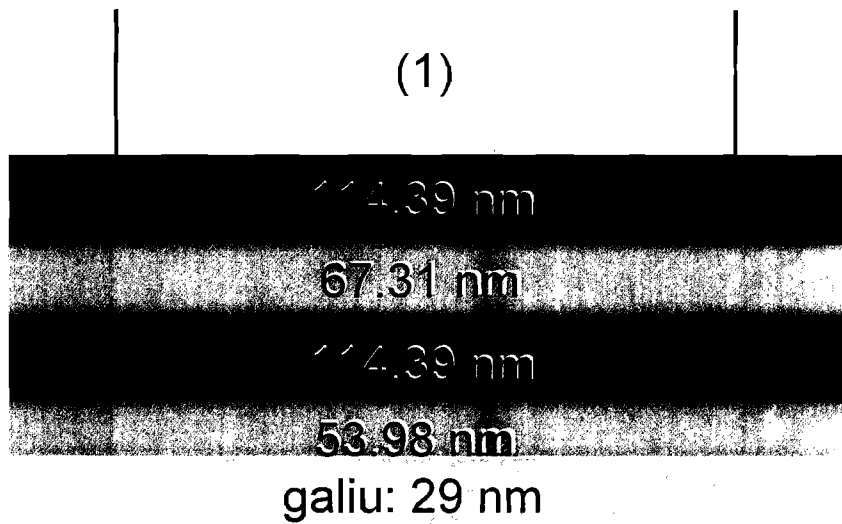


Figura 5. Structura intrerupatorului optic cu strat ultra-subtire de galiu de tip S, la lungimea de unda de 632.8 nm

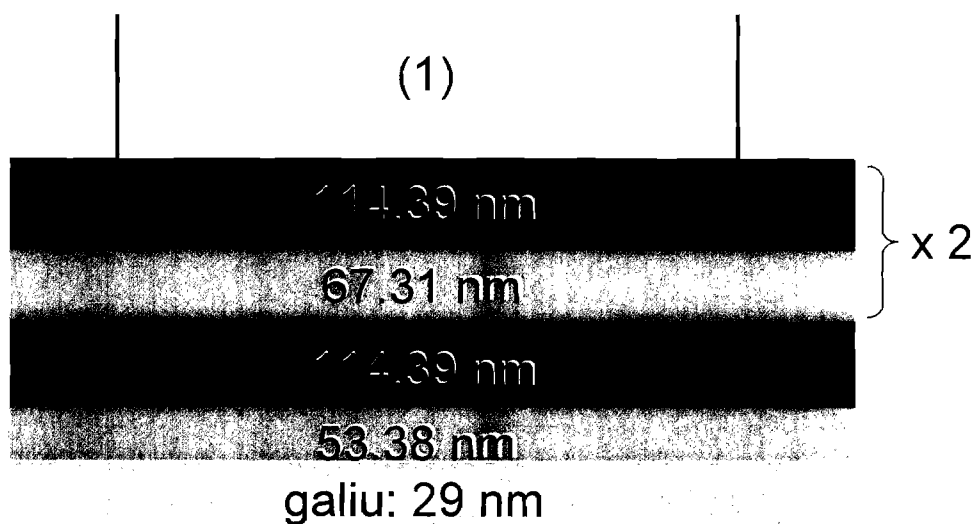


Figura 6. Structura intrerupatorului optic cu strat ultra-subtire de galiu de tip L, la lungimea de unda de 632.8 nm.

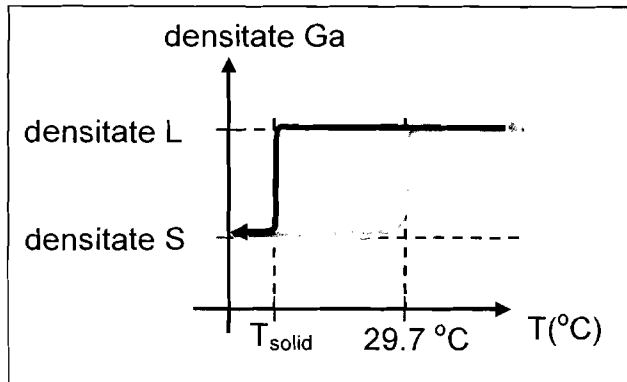


Figura 7. Diagrama densitate-temperatura a galiului in vecinatatea temperaturilor de topire si solidificare.



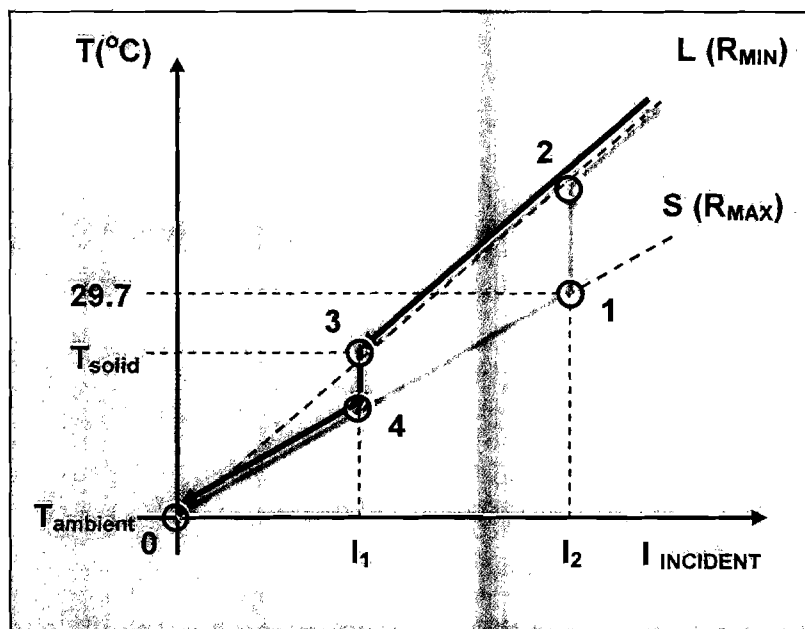


Figura 8a. Diagrama Temperatura-Intensitate Incidenta a Fluxului Luminos pentru intrerupatorul optic de tip L.

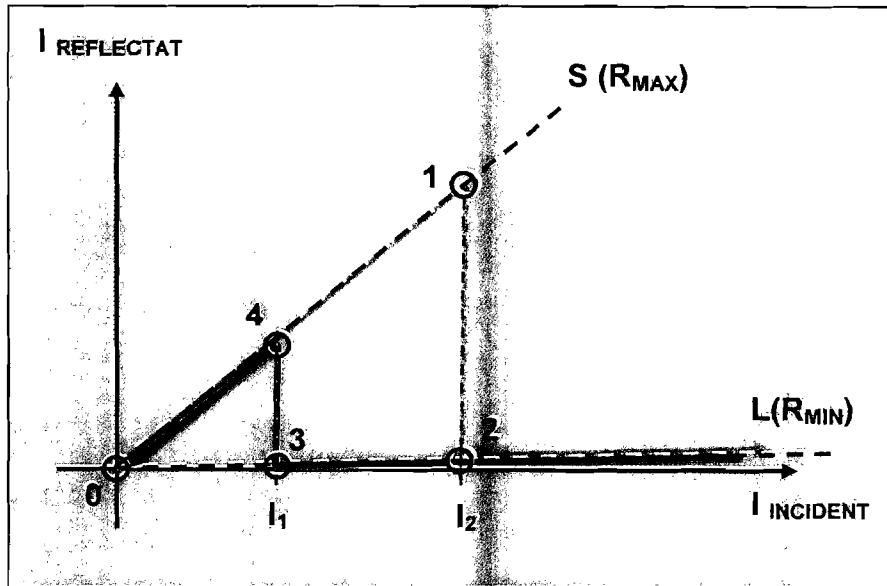


Figura 8b. Diagrama Intensitate reflectata – Intensitate Incidenta pentru intrerupatorul optic de tip L.



9

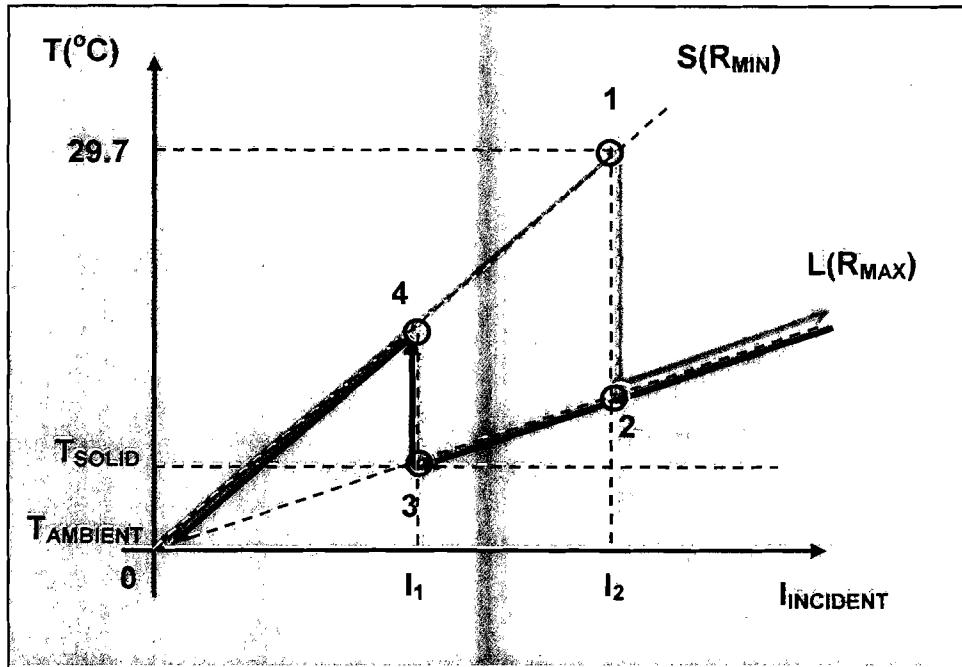


Figura 9a. Diagrama Temperatura-Intensitate Incidenta a Fluxului Luminos pentru intrerupatorul optic de tip S, cu histerezis stabil.



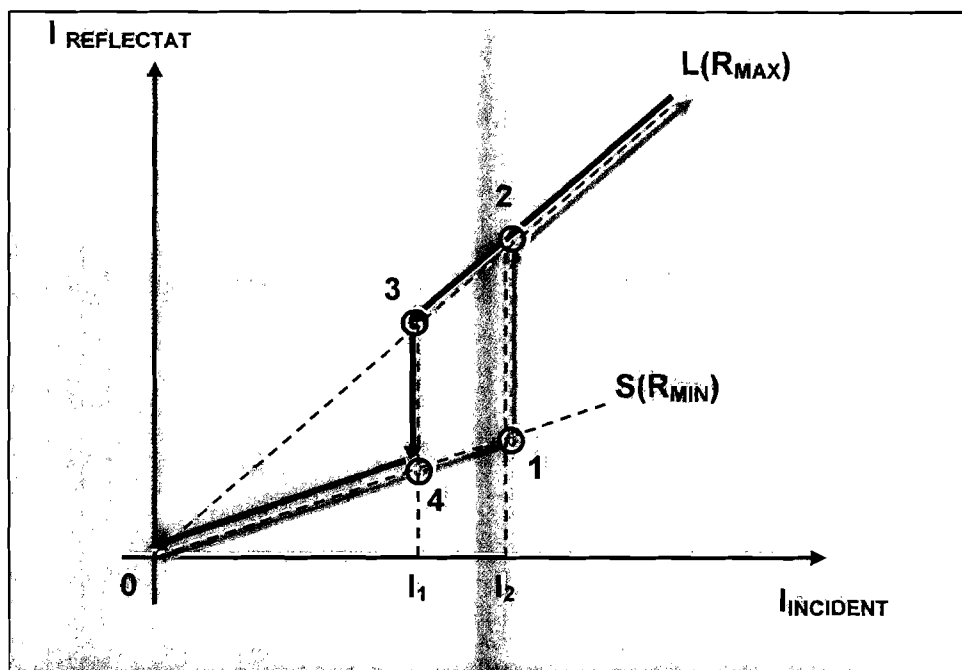


Figura 9b. Diagrama Intensitate Reflectata – Intensitate Incidenta pentru intrerupatorul optic de tip S, cu histeresis stabil.

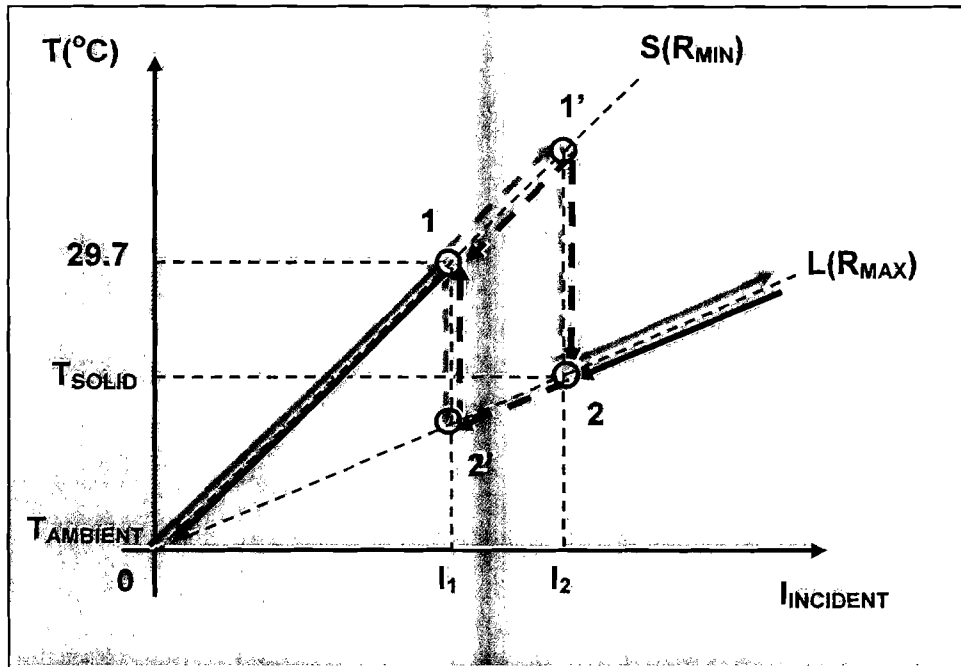


Figura 10a. Diagrama Temperatura-Intensitate Incidenta a Fluxului Luminos pentru intrerupatorul optic de tip S, cu histeresis instabil.

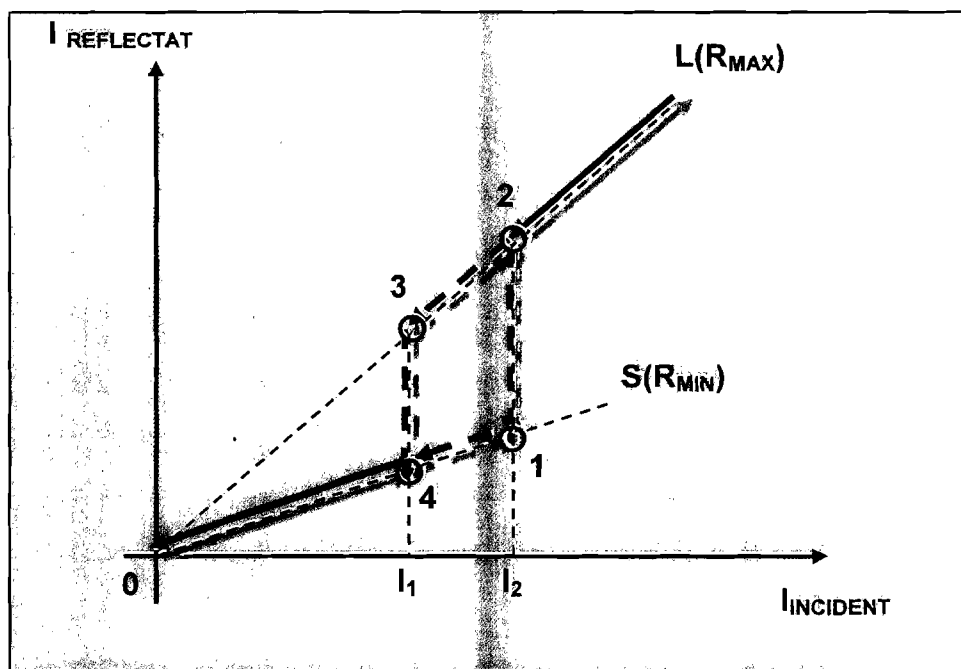


Figura 10b. Diagrama Intensitate Reflectata – Intensitate Incidenta pentru intrerupatorul optic de tip S, cu histeresis instabil.

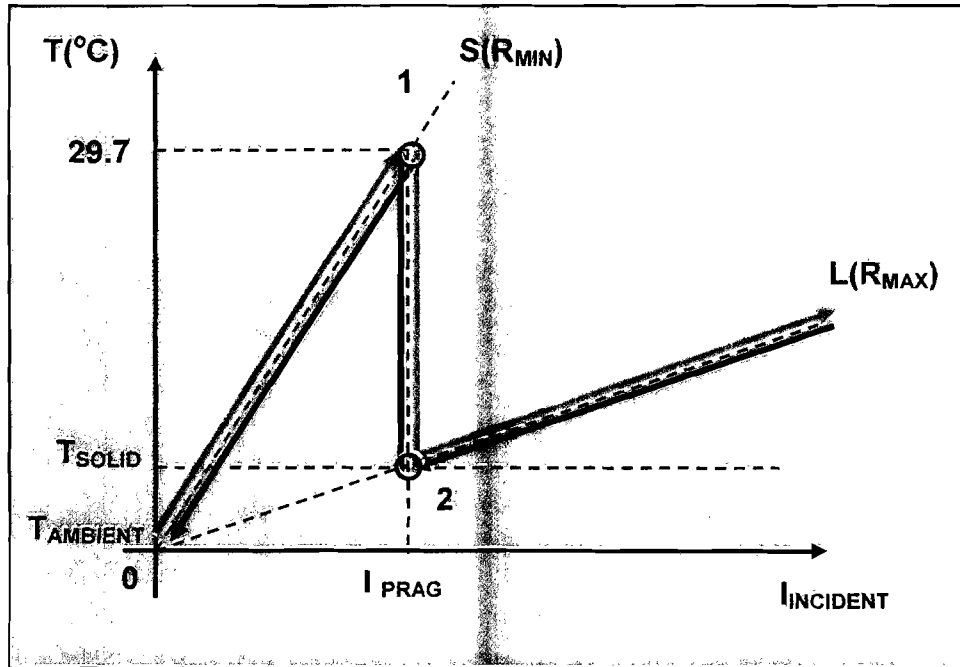


Figura 11a. Diagrama Temperatura-Intensitate Incidenta a Fluxului Luminos pentru intreruptorul optic de tip S, la limita dintre histeresisul stabil si cel instabil.

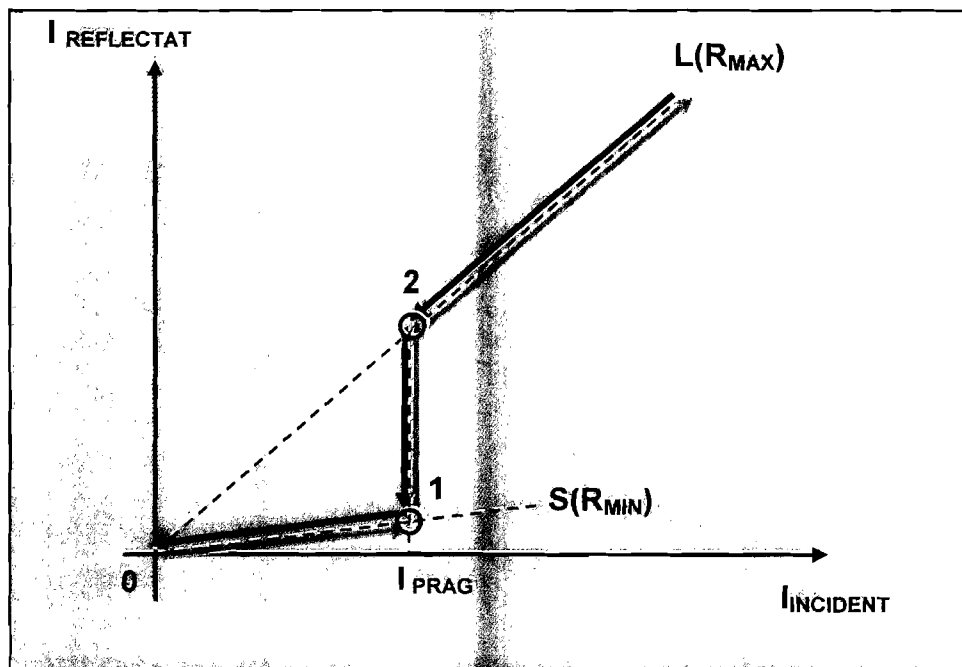


Figura 11b. Diagrama Intensitate Reflectata – Intensitate Incidenta pentru intreruporul optic de tip S, la limita dintre histeresisul stabil si cel instabil.