

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2012 00915

(22) Data de depozit: 29.11.2012

(41) Data publicării cererii:  
30.05.2014 BOPI nr. 5/2014

(71) Solicitant:  
• PRO OPTICA SERVICE & COMPONENTS  
S.R.L., STR. GHEORGHE PETRAȘCU  
NR. 67, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• SPULBER CĂTĂLIN, DRUMUL TABEREI  
NR.39, BL.801, SC.2, AP.81, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• BORCAN OCTAVIA VIOLETA,  
STR.G-RAL.AV.ANDREI POPOVICI NR.6 A,  
BL.6, SC.B, ET.4, AP.28, SECTOR 1,  
BUCUREȘTI, B, RO;

• BELDICEANU ANCA MARIA,  
INTRAREA VĂSLEI NR. 1, BL. PM63, SC. 2,  
ET. 9, AP. 81, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,  
RO;  
• VIȘAN VALENTIN, STR. GH. PETRAȘCU  
NR. 53, BL. PM53, SC. A, ET. 4, AP. 19,  
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;  
• ENACHE CĂTĂLIN, ALEEA BUHUȘI  
NR. 5, BL. 6, SC. B, ET. 6, AP. 86,  
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;  
• ȚĂNȚU MAGDALENA, STR.BABA NOVAC  
NR.3, BL.S2, SC.A, ET.4, AP.21, SECTOR 1,  
BUCUREȘTI, B, RO

(54) CAMERĂ TERMALĂ FĂRĂ RĂCIRE ȘI PROCEDU ASOCIAT  
PENTRU CREȘTEREA EFICIENȚEI DE OBSERVARE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o cameră termală fără răcire, de tip polarimetric, destinată creșterii eficienței de observare pe timp de zi sau de noapte. Camera termală, conform invenției, este alcătuită dintr-o montură (1) pentru filtre de polarizare, din niște filtre (3) de polarizare cu transmisie spectrală în intervalul 3...12 μm, basculante și mobile pe două direcții reciproce perpendiculare, dintr-un obiectiv IR (2) cu transmisie spectrală în intervalul 8...12 μm, dintr-o matrice de detecție (4) cu microbolometre, cu transmisie spectrală în intervalul 8...12 μm, din niște module (5) electronice aferente, de citire/redare pe un display, dintr-o carcasă (7) de protecție a obiectivului (2) și a matricei de detecție (4), pentru uniformizarea și menținerea constantă a temperaturii, și dintr-un sistem (10) de fixare/ poziționare a sistemului de filtre (3) de polarizare pe axa optică a obiectivului (2).

Revendicări: 9  
Figuri: 10

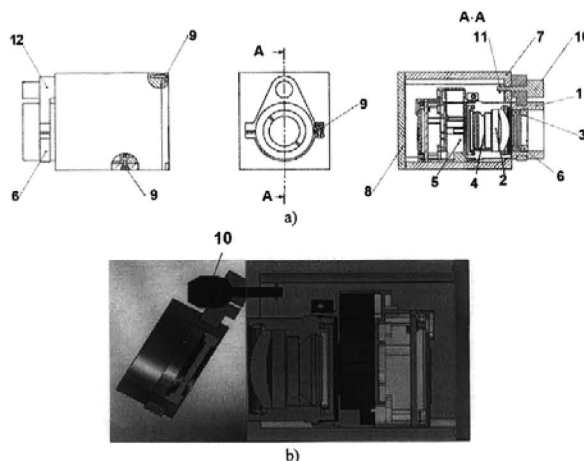


Fig. 2

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



45

2012-00015  
29.11.2012

**1. TITLUL INVENTIEI**

**CAMERĂ TERMALĂ FĂRĂ RĂCIRE ȘI PROCEDEU ASOCIAT PENTRU CREȘTEREA EFICIENȚEI DE OBSERVARE**

**2. PRECIZAREA DOMENIULUI TEHNIC ÎN CARE POATE FI APLICATĂ INVENȚIA**

Prezenta invenție se referă la o cameră termală fără răcire de tip polarimetric destinată conducerii vehiculelor pe timp de zi sau noapte sau supravegherii unor perimetre pe baza imaginii afișate pe un display amplasat în fața utilizatorului și la procedeele de utilizare aferente acestei camere. Prin modul de amplasare a componentelor sale, camera termală asigură creșterea eficienței de observare a obiectelor reflectante sau aflate în scene cu reflexie mare, în special în condiții de mediu nefavorabil, când imaginea afișată pe display-ul la care este conectată camera în cauză este puternic influențată de clutter (zone de imagine aglomerate, de forme dezordonate și contraste variabile în timp).

**3. PREZENTAREA STADIULUI TEHNICII CUNOSCUȚ SOLICITANTULUI**

Se cunoaște faptul că, în condiții de vizibilitate foarte scăzută, pe timp de zi sau noapte, în condiții de mediu nefavorabil (temperaturi scăzute, carosabil umed, ploaie, ninsoare sau când scena vizată este caracterizată de zone cu reflexie mare) pentru conducerea vehiculelor în siguranță sau pentru supravegherea perimetrelor de interes sunt necesare camere termale care asigură afișarea pe display a unor imagini calitativ superioare celor observate cu ochiul liber al observatorului uman (ex. conducatorul vehiculului în mers).

Se mai cunoaște faptul că, în aceleași condiții de mediu, de temperaturi ambientale și de contrast termic scăzut, imaginile obținute pe display sunt puternic perturbate sau înecate de zgomot aleatoriu (în special zgomotul de clutter), ceea ce are ca urmare dificultatea detecției și recunoașterii eventualelor evenimente sau elemente periculoase (obiecte sau persoane) din scena vizată în care sunt amplasate. De asemenea, la variația temperaturii camerei termale, zgomotul în imagine crește, înrăutățind calitatea acesteia.

Pentru eliminarea acestor dezavantaje sunt cunoscute procedee și sisteme cu camere termale, bazate pe tehnici recente și în continuă dezvoltare, de creștere a calității imaginii achiziționate prin introducerea/implementarea, în modulele electronice sau optice ale sistemelor în cauză, de:

- software dedicat;
- circuite și filtre electronice speciale;
- componente optice care reduc zgomotul din imagine prin reducerea rezoluției optice sub limita dimensiunii pixelului (elementului sensibil) matricii de detecție din structura unei camere termale (ex. filtre optice Low Pass, anti-aliasing);
- componente optice de polarizare (ex. filtre de polarizare).

Procedeele bazate pe utilizarea filtrelor de polarizare (metode polarimetrice) au la bază faptul că imaginile obținute pe display-ul camerelor termale care vizează ținte artificiale (ex. obiecte fabricate) într-o scenă dată au un contrast diferit, de regulă mai mare și un zgomot în imagine atenuat față de contrastul, respectiv zgomotul imaginilor obținute la vizarea acelorași ținte, dar cu camere termale nedotate cu astfel de filtre. Această particularitate se datorează caracteristicilor de

polarizare inerente oricăror obiecte (caracteristici ce sunt puternic dependente de textura suprafeței obiectului vizat și de compoziția materialului acestuia). Caracteristicile de polarizare ale obiectelor naturale sunt diferite față de cele ale țintelor artificiale aflate în aceeași scenă. Spre exemplu, pentru o diferență de temperatură dată dintre o țintă artificială și fundalul pe care se profilează aceasta, contrastul imaginii inițiale (obținut pe display-ul camerei termale fără un filtru de polarizare) va crește dacă în fața matricii de detectie (abr.FPA) a camerei în cauză este amplasat un astfel de filtru, în special în domeniile spectrale infraroșii de unde lungi (abr.LWIR-Long Wave InfraRed), când țintele sunt artificiale (nenaturale, adică fabricate).

În plus, metodele polarimetrice permit discriminarea obiectelor cu contraste slabe de intensitate radiantă, amplasate în special în fundaluri aglomerate (cu clutter). Semnalul polarimetric este mai puternic în domeniul spectral LWIR (specific camerelor termale fără răcire) de 2...16 x decât în domeniul spectral MWIR (specific camerelor termale cu răcire). Astfel, în domeniile MWIR și LWIR, obiectele care în domeniul vizibil dau o reflexie difuză nepolarizată, în domeniile spectrale 3-5 μm și 8-12 μm, produc polarizarea prin fenomenul de reflexie regulată, conform relațiilor coeficienților lui Fresnel; radiația reflectată poate fi diminuată, până la extincție, cu un filtru de polarizare. De aceea nu numai luminozitatea imaginii suprafețelor umede, lacustre, marine, etc. poate fi redusă, ci și luminozitatea imaginii suprafețelor naturale și aglomerate, gen iarbă, vegetație, frunziș, ceea ce are ca efect creșterea contrastului în imagine față de o țintă luminoasă vizată (prin reflexie). Mai mult, în IR cantitatea de radiație prin reflexie polarizată este mult mai mare decât în VIS.

Exemple de procedee polarimetrice aplicate recent la camerele termale în scopul de a se crește eficiența de observare a obiectelor reflectante sau aflate în scene cu reflexie mare sunt prezentate în referințele bibliografice [1...10]. De exemplu, în lucrarea lui J. Scott Tyo s.a [9] se prezintă un sistem în care camera termala propriu zisă are în completare un filtru polarizator și un filtru de întârziere; în lucrările lui Daniel A. Lavigne s.a. [4,5] se prezintă un sistem care permite obținerea de informații suplimentare despre forma, temperaturile obiectelor amplasate în scene aglomerate, dificil de discriminat, prin prelucrarea eficientă a amprentelor termice achiziționate polarizat; în lucrarea lui Melvin Felton [7] se prezintă, în detaliu, modul de construcție pentru o cameră polarimetrică în MWIR, dar care poate fi folosit și în LWIR; camera termală are un filtru de polarizare, dar și o lamă de întârziere (care îmbunătățește foarte mult detecția, introducând un defazaj de polarizare, ceea ce face ca radiația nedorită să poată fi anihilată mai mult decât în cazul utilizării unui singur filtru de polarizare). După Y.Aron s.a [2], filtrele de polarizare, deși contribuie la scăderea raportului semnal-zgomot (SNR) din scenă, realizează un SCR (raport semnal-clutter) mai mare, care este, de multe ori, factorul de limitare a detecției în procesul de observabilitate real; de completat că, pentru a se obține un maximum de eficiență în imaginile polarimetrice achiziționate în LWIR, este necesară o calibrare corespunzătoare. Edson F. C. Guimarães [10] arată că, la creșterea gradului de polarizare, are loc o creștere a MRTD (diferența de temperatură minim rezolvabilă); astfel, la observarea unei nave în apă cu o cameră termală, filtrul de polarizare cu care este dotată asigură o creștere a contrastului în imagine dacă radianța primită scade. El propune corectarea relației de calcul a MRTD prin expresia:

$$MRTD_{polarizare} = \frac{MRTD_{nepolarizare}}{k \cdot \tau_{polarizare}} \quad (1)$$

unde  $\tau_{polarizare}$  – transmitanța filtrului de polarizare, iar  $k$  – gradul de polarizare ( $0,5 < k < 1$ )

În aceeași lucrare se mai arată că MTF (funcția de transfer a modulației) va fi mai mică în cazul utilizării unui filtru de polarizare, conform relației:

$$MTF_{polarizare} = MTF_{filtru-polarizare} \cdot MTF_{nepolarizare} \quad (2)$$

sau încă

$$MRTD_{polarizare} = \frac{MRTD}{MTF_{polarizare} \cdot k \cdot \tau_{polarizare}} \quad (3)$$

Din analiza altor cercetări se mai constată că timpul de integrare necesar calibrării camerei termale, în vederea creșterii capacității de detecție, poate fi exprimat sub forma:

$$t_i = t_f - K_2 \quad (4)$$

unde  $t_f$ -timpul de cadre este dat de relația lui Wolfe [11]:

$$t_f = K_1 \cdot \frac{MRTD^2 \cdot MTF^2}{NETD^2} \quad (5)$$

în care  $K_1$  și  $K_2$  sunt constante de sistem, dependente de domeniul spectral de lucru.

În ceea ce privește brevetele conexe problematicii susmenționate, acestea sunt menționate în referințele de la poz.[12...19], după cum urmează:

Brevetul SUA nr.20080252882 A1/2008 [14] prezintă o cameră video de achiziție a imaginii în VIS cu un sistem de trei filtre ce pot fi deplasate independent în fața obiectivului camerei în cauză; primele două filtre sunt filtre de polarizare, unul dintre ele putând fi rotit între 0- 360<sup>0</sup>, iar al treilea filtru este un filtru IR în domeniul spectral NIR (Near InfraRed: 0,7...2,3 μm).

Brevetul SUA nr.6952312B2/2005 [18] prezintă modul de achiziționare de imagini în VIS, dar evidențiază rolul înclinării unui filtru amplasat în fața obiectivului camerei pentru a reduce nivelul de polarizare.

Brevetul SUA nr 6028303/2000 [15] prezintă o cameră video de achiziție a imaginii în VIS , dotată cu un mecanism care controlează unghiul de rotație al filtrului de polarizare cu care este dotată camera video, cu scopul de a reduce la minimum efectele luminii reflectate de obiectul vizat. Rotirea filtrului este asigurată de un motor electric, al cărui sistem de comandă compară un semnal de referință cu semnalul electric dat de imaginea obiectului vizat (după o conversie prealabilă). La diferența minimă se comandă oprirea rotirii filtrului.

Brevetul SUA nr.5.805.106/1998 [16] se referă la un sistem de reducere a clutter-ului (compus din două camere dotate cu câte un filtru de polarizare fiecare) în cazul achiziției de imagini ale obiectelor amplasate pe suprafața oceanului; primul filtru de polarizare este utilizat pentru generarea unei imagini polarizate vertical a unei zone din suprafața oceanului (care oferă un set distinct de date radiometrice), cel de-al doilea filtru de polarizare este utilizat pentru a se genera o imagine polarizată orizontal a zonei din suprafața oceanului (care oferă un alt set distinct de date radiometrice). Sistemul are la bază un algoritm și un procesor de calcul al reducerii clutterului.

Brevetul SUA nr. 157082A1/2010 [17] se referă la un sistem în VIS în care camera are filtrul de polarizare amplasat între obiectiv și FPA, iar un procesor comandă rotirea filtrului de polarizare până la obținerea contrastului optim.

Brevetul SUA nr. EP2301243A1/2011 [19] arată că este important ca răspunsul spectral al filtrului de polarizare să fie în concordanță cu răspunsul spectral al FPA pentru a se putea obține un contrast maxim.

Prin complexitatea construcției (filtru de polarizare, lamă de întârziere, circuit de fuzionare, circuit specific de prelucrare a imaginilor), sistemele menționate mai sus asigură o imagine de calitate superioară celei ale unei camere termale tipice în condițiile de observare a obiectelor reflectante sau aflate în scene cu reflexie mare, în special în condiții de mediu nefavorabil sau când imaginea afișată pe display-ul la care este conectată camera în cauză este puternic influențată de clutter.

#### 4. PREZENTAREA PROBLEMEI TEHNICE PE CARE TREBUIE SA O REZOLVE INVENTIA

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în realizarea unui tip de cameră termală și a unui procedeu asociat care permite luarea rapidă a unei decizii rapide, oportune și adecvate de către utilizatorul acestei camere în timpul supravegherii perimetrelor, precum și în timpul conducerii vehiculelor pe carosabil umed, la observarea obiectelor reflectante sau aflate în scene cu reflexie mare, când imaginea afișată pe display-ul la care este conectată camera în cauză este puternic influențată de clutter (zone de imagine aglomerate, de forme dezordonate și contraste variabile în timp), **caracterizată prin aceea că:**

- permite evaluarea **rapidă** a unui potențial pericol prin utilizarea selectivă a două tipuri de imagine (cu și fără filtru de polarizare), urmărite rapid și succesiv de observator;
- asigură o **flexibilitate** de montaj ridicată prin simplitatea arhitecturii;
- permite **selectarea directă**, de către observatorul uman care evaluează evenimentul, ținta sau zona de interes dintr-o scenă;
- asigură o **îmbunătățire** a contrastului prin fuziune/suprapunere, a două imagini cu contraste și forme distincte;
- asigură **creșterea** calitatii imaginii scenei vizate, prin mixarea/fuzionarea semnalelor obținute de la imaginile achiziționate separat (cu și fără filtrul de polarizare);
- asigură **creșterea** calitatii imaginii scenei vizate, prin mixarea/fuzionarea semnalelor obținute de la imaginile achiziționate separat, în două domenii spectrale distincte;
- are o **construcție modularizată** și flexibilă a subsistemelor componente, cu funcții independente, care permit configurarea camerei termale în funcție de misiune;
- asigură **extinderea** potențialului de observare sau monitorizare în condiții de zi și noapte a zonelor de interes, prin utilizarea unui divizor de fascicul de două domenii spectrale distincte;
- permite uniformizarea și menținerea constantă a temperaturii la nivelul obiectivului și matricii de detecție, prin utilizarea unei carcase de protecție.

#### 5. EXPUNEREA INVENȚIEI

Camera termală conform invenției (abr.SILTERM) și procedeu de utilizare al acesteia elimină dezavantajele camerelor termale utilizate în prezent pentru conducerea vehiculelor sau supravegherea perimetrelor **prin aceea că:**

- poate fi realizată cu ușurință din orice cameră termală fără răcire, fără demontarea acesteia;
- permite extinderea ariei de utilizare și la conducerea vehiculelor pe carosabil umed pe timp de zi sau noapte;
- asigură creșterea eficienței de observare a obiectelor reflectante sau aflate în scene cu reflexie mare, în special în condiții de mediu nefavorabil, când imaginea afișată pe display-ul la care este conectată camera în cauză este puternic influențată de clutter;
- asigură diminuarea rapidă a ambiguității observării;
- asigură discernerea alarmei false prin aprecierea directă a observatorului (și nu pe bază de software de analiză a imaginii întregii scene), a unei zone de risc potențial;
- asigură diminuarea reflexiilor parazite prin înclinarea filtrului de polarizare;
- asigură o calibrare corespunzătoare pe baza timpului de integrare definit de MRTD și MTF determinate a priori în laborator.

## **6. PREZENTAREA AVANTAJELOR IN RAPORT CU STADIUL RELEVANT AL INVENTIEI**

Invenția, prin echipamentul și procedeele propuse, **asigură următoarele avantaje** (în funcție de varianta constructivă în care este configurat):

- creșterea rapidă a cantității de informație despre obiecte reflectante sau aflate în scene cu reflexie mare, în special în condiții de mediu nefavorabil, când imaginea afișată pe display-ul la care este conectată camera în cauză este puternic influențată de clutter, printr-o construcție simplă și ușor de utilizat;
- mobilitatea crescută prin precizia de autocentrare asigurată de inelul de orientare din montura obiectivului;
- uniformizarea și menținerea temperaturii constante a camerei termale la variații bruște de temperatură ambientală;
- posibilitatea de a selecta și evalua rapid o zonă de interes din scena vizată, prin amplasarea filtrului de polarizare peste obiectivul camerei termale;
- posibilitatea de a vizualiza direct scena de interes prin camera termala, fără filtrul de polarizare;
- autocentrarea rapidă a filtrului de polarizare pe montura obiectivului;
- posibilitatea de rotire a filtrului până se confirmă sau infirmă evaluarea inițială a scenei vizate (pe calea directă);
- posibilitatea de înclinare a filtrului de polarizare manual de utilizator până la stingerea reflexiilor parazite (cu rol similar lamei de întârziere);
- posibilitatea de acționare a filtrului de polarizare cu un sistem care să poată fi blocat manual când se constată diferențe între cele două căi de vizare;
- simplitatea și rapiditatea adaptării montajului camerei termale;
- MTF și MRTD prin configurarea adecvată a materialului filtrelor de polarizare și transmisia spectrală a a obiectivului;
- creșterea contrastului imaginii achiziționate prin configurarea înclinării în plan vertical și orizontal al filtrului de polarizare pe baza MRTD determinat a priori în laborator.

## **7. PREZENTAREA PE SCURT A FIGURILOR DIN DESENELE CARE ÎNSOȚESC DESCRIEREA**

Semnificația figurilor prezentate în descrierea invenției este următoarea:

- Fig.1 Schema bloc a SILTERM în varianta constructivă de bază;
- Fig.2 SILTERM în varianta constructivă 1, de bază, conform invenției, în care 1-montură filtru de polarizare, 2-obiectiv IR, 3- filtru de polarizare, 4-matrice de detecție (FPA), 5-module electronice, 6-piuliță montură filtru de polarizare, 7-carcasă SILTERM, 8-capac carcasă SILTERM, 9-șurub, 10-element de basculare/blocare filtru de polarizare, 11-siguranță, 12- braț filtru de polarizare
- Fig.3 SILTERM în varianta constructivă 2, conform invenției, în care 3-filtre optice (ex.3a-filtru optic de bandă spectrală dată: 8-10 μm sau 10-12μm, 3b-filtru de polarizare), cu caracteristici spectrale definite;
- Fig.4 Schema bloc a SILTERM în varianta constructivă 3, conform invenției, în care 13a și 13b-oglinzi cu reflexie în domeniul 8-12μm (13a-cu reflexie totală, 13 b-cu reflexie și transmisie parțială), 14-radiație IR de la scena vizată
- Fig.5 SILTERM, în varianta constructivă 4, conform invenției, în care 15 este un filtru 8-10μm, iar 16 un filtru 10-12 μm, 16-display PC

- Fig.6 SILTERM, în varianta constructivă 5 (de imagine fuzionată), conform invenției, în care 17- oglindă semitransparentă 8-10 $\mu$ m, 18- oglindă 10-12 $\mu$ m, 19-cablu video,20-sistem mixare semnal
- Fig.7 Exemplu de imagine achiziționată cu SIMTERM, caracterizată de clutter ridicat dat de frunziș, achiziționată în două situații și anume a) fără filtru de polarizare, în care se observă o zonă albă lucioasă (care este parbrizul unui autovehicul); și b) cu un filtru de polarizare în care se constată menținerea zonei albe (ceea ce semnifică existența în scenă a unui obiect reflectant).
- Fig.8 Variația MTF a SIMTERM în funcție de rezoluția spațială exprimată în lp/mm, cu filtrul de polarizare amplasat în două poziții distincte: a) cu filtrul de polarizare perpendicular pe axa optică, b) cu filtrul de polarizare înclinat față de axa optică;
- Fig.9 Variația MRTD a SIMTERM în funcție de rezoluția spațială exprimată în lp/mrad în două situații distincte, a) cu filtru de polarizare și b) fără filtru de polarizare
- Fig.10 Transmisia spectrală a filtrului de polarizare (a) și a obiectivului IR împreună cu matricea de detecție (b) din componența SIMTERM.

### **8.PREZENTAREA DETALIATĂ CEL PUȚIN A UNUI MOD DE REALIZARE A INVENȚIEI**

Din punct de vedere constructiv, diferențierea este dată de modul de deplasare al filtrelor de polarizare, de caracteristicile spectrale ale acestora, de specificul de calibrare al camerei termale și de tehnica de fuzionare a imaginilor achiziționate.

Achiziția radiației termice din scenă se poate realiza în mai multe variante constructive după cum urmează:

- a) Variantă constructivă cu elemente optice de deviere a radiației optice (oglinzi) care permite vizualizarea simultană a obiectului investigat atât prin intermediul filtrului de polarizare (sau a unui complex de alte tipuri de filtre), cât și direct, fără utilizarea vreunui filtru optic;
- b) Variantă constructivă directă care permite vizualizarea alternativă a obiectului investigat, fie prin intermediul filtrului de polarizare și a altor tipuri de filtre (cu sau fără elemente optice de deviere a radiației optice, fie direct, fără utilizarea vreunui filtru optic.

În cele ce urmează se prezintă cinci exemple de realizare a echipamentului conform invenției și a procedurilor de utilizare aferente.

Intr-o prima variantă (varianta constructivă 1), camera termală conține următoarele componente de bază (fig.2):

- a) un obiectiv IR cu distanța focală de 25 mm, deschidere relativă 1,4;
- b) un ansamblu detector (de care este fixat și aliniat obiectivul IR) de 640x480 pixeli, cu dimensiune pixel de 17  $\mu$ m;
- c) o carcasa de protecție din aliaj de Al;
- d) un filtru de polarizare din seleniura de zinc, tip rețea (grid), fixat într-o montură rabatabilă și rotativă la 360<sup>0</sup>; filtrul operează în domeniul spectral 8-12  $\mu$ m și are rolul de a scoate în evidență, în cazul unei radiații termice slabe și înecate de clutter, potențialele pericole ce nu sunt sesizate fără el; camera termală operează cu sau fără acest filtru, după necesități;
- e) un sistem de fixare/poziționare a filtrului pe axa optică a obiectivului IR.



a) Obiectivul (fig.2) este focalizat pe infinit, are distanța focală în gama 16...25 mm și are rolul de a colecta radiația IR de la obiectul de interes din scena vizată. Chopper-ul (care are temperatura uniformă și rol de sursă permanentă de calibrare) este amplasat între FPA și obiectiv și, la intervale regulate, se deplasează în fața matricii FPA. În acest fel, orice neuniformitate detectată de modulul electronic este preluată de acesta și eliminată prin utilizarea unui semnal de offset. Chopper-ul, care este comandat de un driver, are rolul de a activa corecția neuniformității pixelilor (NUC) din imaginea termală achiziționată. Aceasta este necesară din cauză că fiecare element de detecție din ansamblul detector are responsivități diferite. Mai mult, elementele de detecție au răspunsuri neliniare cu temperatura, care variază cu temperatura matricii FPA, ceea ce ar avea ca rezultat o imagine cu erori în responsivitate ce pot crește în timp.

b) Ansamblul detector (fig.2) este un modul integrat care conține matricea cu detectori microbolometrici (matricea FPA) și interfața matricii FPA cu restul modulelor electronice (modulul analogic frontal, modulul de procesare imagine și interfața de conectare externă) și software-ul de corecție.

- ❖ Modulul analogic frontal este compus din trei submodule:
  - Sursa de alimentare (PS);
  - Convertorul Analog/Digital (ADC);
  - Răcitorul termoelectric (TE).
- ❖ Modulul procesare imagine conține patru submodule și asigură procesarea de imagine și comunicația cu matricea FPA:
  - Memoria digitală RAM (DRAM);
  - Memoria flash (FLASH);
  - Procesorul de semnale digitale (DSP);
  - Circuit digital integrat configurabil de utilizator (FPGA).

Interfața de conectare externă conectează modulele sus prezentate cu sistemul de afișare imagine/date (ex.display-ul) din exterior. Ea primește tensiunea de alimentare electrică și livrează semnale video (analogice NTSC/PAL sau /și digitale) și de date.

Software-ul de corecție al ansamblului detector se referă, în principal, la:

- Eliminarea zgomotului intern de amplificare;
- Reducerea influenței variațiilor de temperatură din exterior;
- Corecția neuniformității pixelilor din matricea FPA;
- Înlocuirea pixelilor defecti;
- Comprimarea și conversia rezoluției digitale în 256 nivele de gri;
- Protecția la expunerea îndelungată la surse termice externe;
- Calibrare internă (NUC)

c) Carcasa de protecție (fig.2) are rolul de a asigura coaxialitatea axei optice a obiectivului, FPA și filtrului de polarizare și de a asigura constanța temperaturii obiectivului și a matricii de detecție.

d) Filtrul de polarizare (fig.2) este amplasat în fața obiectivului și recepționează radiațiile termale emise de țintă sau pe cele reflectate de aceasta sau de alte zone din scenă, la diferite unghiuri. Prin rotirea filtrului în jurul axei sale optice se obține o modificare a intensității radiației recepționate, astfel încât se pot atenua acele radiații care denaturează imaginea. Dacă direcția de polarizare maximă este perpendiculară pe direcția radiației reflectate perturbatoare, se obține stingerea reflexiei nedorite. La alte unghiuri, efectul polarizator va fi mai puțin pronunțat, funcție de unghiul de rotire. Filtrul de polarizare este foarte eficient pentru diminuarea sau eliminarea reflexiilor nedorite. De asemenea, el permite, prin rotire la un unghi convenabil, verificarea existenței sau neexistenței unei ținte astfel:



- fie prin reducerea contrastului în imagine, reducând reflexiile nedorite, ceea ce este benefic în situațiile în care scenele vizate au o gamă dinamică ridicată (spre exemplu scene în care coexistă fundaluri foarte puțin reflectante în IR cu zone puternic reflectante (lacuri, fluvii etc);
- fie prin creșterea contrastului, spre exemplu prin filtrarea radiației reflectate de ceață sau vapori de apă ce plutesc deasupra lacurilor, mării, etc. Obiectele artificiale (fabricate) precum clădirile, șoselele, vehiculele emit radiații cu un grad de polarizare mai mare decât obiectele naturale (frunziș, vegetație, sol etc). Prin alegerea adecvată a unghiului de rotire al filtrului, pot fi scoase în evidență mai bine obiectele cele mai polarizate și eliminarea celor slab polarizate, ceea ce are ca urmare creșterea contrastului din zonele de interes ale scenei vizate.

Prin deplasarea (rotirea limitată) a filtrului de polarizare în planul axei optice a obiectivului IR se obține o diminuare a reflexiilor parazite din scena de observat

e) Sistemul de fixare/pozitionare/deplasare a filtrului pe axa optica a obiectivului IR și pe carcasa de protecție este asigurat de un inel tronconic (montat în prelungirea monturii obiectivului și concentric cu axa optică a acestuia și de un sistem cu suprafață sferică montat în carcasa de protecție.

În varianta constructivă 2 a SIMTERM (fig.3), imaginea termală polarizată este asigurată de două filtre de polarizare 3a și 3b cu caracteristici distincte, de exemplu filtrul 3a având ca suport un cristal de seleniură de zinc, iar filtrul 3b având ca suport un cristal mixt de bromură și iodură de thaliu (abr.KRS-5).

În varianta constructivă 3 a SIMTERM (fig.4), imaginea termală achiziționată este o fuziune prin suprapunerea pe FPA a radiației termice 14 din scenă, achiziționate simultan pe calea de polarizare, prin filtrul de polarizare 3 și deviată total de oglinzile 13a și 13b și pe calea directă, prin intermediul oglinzii 13b.

În varianta constructivă 4 a SIMTERM (fig.5), imaginea termală achiziționată este obținută alternativ pe display-ul 16 prin utilizarea separată a filtrelor 15, respectiv 16.

În varianta constructivă 5 a SIMTERM (fig.6), imaginea termală achiziționată este obținută direct pe display-ul 16 prin utilizarea simultană a două ansambluri obiectiv/matrice de detecție identice 4 și fuzionarea imaginilor ) prin mixare cu ajutorul mixerului electronic 2 care preia demnalele video de ieșire de la ansamblurile obiectiv/matrice de detecție 4 prin intermediul cablurilor 19a și 19b și le transportă pe displa-ul 16 prin intermediul cablurilor video 19c.

#### **Caracteristici tehnice cameră termală, conform invenției:**

- camp vizual:  $25^{\circ}(H) \times 20^{\circ}(V)$ ;
- domeniu spectral de lucru: 7,5-13,5  $\mu\text{m}$ ;
- rezoluție geometrică: 640x480 pixeli;
- dimensiune pixel: 17  $\mu\text{m}$ ;
- frecvența de cadre: 30 Hz(NTSC), 25 Hz(PAL)
- NETD (fara filtru de polarizare) < 50 mK la f/1,1;
- tensiune alimentare: 4,4-6Vcc;
- putere consumată: aprox. 1 W;

- timp de intrare în operare: aprox.3 sec;
- iesire video analogică;
- control la distanță:seriala RS 232

**Caracteristici tehnice obiectiv:**

- camp vizual: $25^0(H) \times 20^0(V)$ ;
- domeniu spectral de lucru: 7-15  $\mu\text{m}$ ;
- deschidere relativă: $f/1,4$ ;
- distanta focală: 25 mm;

**Caracteristici tehnice matrice de detecție:**

- domeniu spectral de lucru: 7,5-13,5  $\mu\text{m}$ ;
- rezoluție geometrică: 640x480 pixeli (NTSC);
- dimensiune pixel: 17  $\mu\text{m}$ ;
- NETD (fara filtru de polarizare) $<50$  mK la  $f/1$ ;

**Caracteristici tehnice filtru de polarizare:**

- material substrat: ZnSe;
- domeniu spectral de lucru: 1-15  $\mu\text{m}$ ;
- transmisie (K1): 74% la 2,5  $\mu\text{m}$ ; 81% la 5  $\mu\text{m}$ ; 72% la 10  $\mu\text{m}$ ;
- transmisie nedorită (K2): 52% la 2,5  $\mu\text{m}$ ; 20% la 5  $\mu\text{m}$ ; 12% la 10  $\mu\text{m}$ ;
- gradul de polarizare (K1-K2)/(K1+K2): 142:1 la 2,5  $\mu\text{m}$ ; 402:1 la 5  $\mu\text{m}$ ; 600:1 la 10  $\mu\text{m}$ ;
- extincție (K1/K2): ): 99,6% la 2,5  $\mu\text{m}$ ; 99,5% la 5  $\mu\text{m}$ ; 99,6% la 10  $\mu\text{m}$ ;

## Referințe

1. Michael Gartley, Peter Erbach, Larry Pezzaniti: "Pose Estimation of Unresolved Targets using Polarimetric Imaging" (Proc. of SPIE Vol. 7672 pp.767204-1);
2. Y. Aron and Y. Gronau: "Polarization in the LWIR: a method to improve target acquisition" (Proc. SPIE 5783, 653 (2005));
3. Lavigne, D.A.; Breton, M.; Pichette, M.; Larochelle, V.; Simard, J.-R: Enhanced Military Target Discrimination using Active and Passive Polarimetric Imagery, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2008. IGARSS 2008. IEEE International, 2009 ;
4. Daniel A. Lavigne, Georges Fournier, Jean-François Charette, Mario Pichette, Mélanie Breton, Vincent Rivet, and Anne-Pier Bernier: "Target discrimination of man-made objects using passive polarimetric signatures acquired in the visible and infrared spectral bands", Proc. SPIE 8160, 816007, 2011;
5. Daniel A. Lavigne, Mélanie Breton, Mario Pichette, Vincent Larochelle, Jean-Robert Simard: "Evaluation of active and passive polarimetric electro-optic imagery for civilian and military targets discrimination", Proc. of SPIE Vol. 6972 69720X-1;
6. Frank Cremer, Piet B.W. Schwering, Wim de Jong, Klamer Schutte, Arie N. de Jong: "Infrared polarisation measurements of targets and backgrounds in a marine environment, Preprint Proc. SPIE Vol. 4370, Targets & Backgrounds VII: Charact. & Represent., Orlando FL, USA, Apr. 2001;
7. Melvin Felton, Kristan P. Gurton, David Ligon, and Adrienne Raglin : "Discrimination of Objects Within Polarimetric Imagery Using Principal Component and Cluster Analysis", Army Research Laboratory, August 2007;
8. I.D. Carrie, B. Connor and A. Christie : " Difficult Target Discrimination Using Polarimetric Imaging "7th EMRS DTC Technical Conference – Edinburgh 2010;
9. J. Scott Tyo, Dennis L. Goldstein, David B. Chenault, and Joseph A. Shaw: "Review of passive imaging polarimetry for remote sensing applications", in Applied Optics, vol.45, nr.22, august, 2006, pp 5453- 5469;
10. Edson F. C. Guimarães: "Investigation of minimum resolvable temperature difference formulation for polarized thermal imaging range prediction"-Thesis, 1999, Naval Postgraduate School, Monterey, California, PP.33-34;
11. William L. Wolfe: " Infrared Design Examples", SPIE Press, 1999, pp.92-93
12. \*\*\*Brevet SUA 026644A1/2011: "Pixel level optically transitioning filter elements for detector devices";
13. \*\*\* Brevet USA 0170116 A1/2012: "Enhanced image contrast between diffuse and specularly reflecting objects using active polarimetric imaging";
14. \*\*\* Brevet SUA 20080252882 A1/2008: "Filter assembly and image enhancement system for a surveillance camera and method of using the same";
15. \*\*\* Brevet SUA nr.6028303/2000: "Polarizing filter control mechanism to reduce reflected light"
16. \*\*\* Brevet SUA nr.5.805.106/1998: "Dual polarization wave clutter reduction";
17. \*\*\* Brevet SUA nr. 157082A1/2010 "Camera with internal polarizing filter";
18. \*\*\* Brevet SUA nr.6952312B2/2005 "Head-up display with polarized light source and wide-angle P-polarization reflective polarizer";
19. \*\*\* Brevet SUA nr. EP2301243 A1/2011: "Imaging apparatus and method EP2301243 A1;

## REVENDICĂRI

1. Cameră termală fără răcire de tip polarimetric (abr.SILTERM) pentru creșterea eficienței de observare la conducerea vehiculelor pe timp de zi sau noapte sau la supravegherea unor perimetre pe baza imaginii afișate pe un display amplasat în fața utilizatorului, prin evidențierea obiectelor reflectante sau aflate în scene cu reflexie mare sau/și cu obiecte reflectante, în special în condiții de mediu nefavorabil, când imaginea afișată pe display-ul la care este conectată camera în cauză este puternic influențată de clutter, caracterizată prin aceea că este realizată din a) sistem cu filtre de polarizare cu transmisie spectrală în 3-12  $\mu\text{m}$ , basculante și mobile pe două direcții reciproc perpendiculare, din b) obiectiv IR cu transmisie spectrală în 8-12  $\mu\text{m}$ , din c) matrice de detecție cu transmisie spectrală în 8-12  $\mu\text{m}$  și electronica de citire/redare pe display aferentă, din d) carcasa de protecție a obiectivului și matricii de detecție pentru uniformizarea și menținerea constantă a temperaturii, din e) sistem de fixare/ poziționare a sistemului cu filtre de polarizare pe axa optică a obiectivului IR, din f) software de calibrare;
2. SILTERM, conform invenției, **caracterizat prin aceea că** software-ul de calibrare este corelat cu timpul de integrare și răspunsul spectral al filtrului de polarizare, pe baza MRTD și MTF determinate a priori în laborator;
3. SILTERM, conform invenției, **caracterizat prin aceea că** înclinarea filtrului de polarizare este asigurată manual de utilizator;
4. SILTERM, conform invenției, **caracterizat prin aceea că** rotirea filtrului de polarizare este asigurată manual de utilizator;
5. SILTERM, conform invenției, **caracterizat prin aceea că** se asigură o imagine fuzionată prin amplasarea filtrului de polarizare în afara câmpului vizual al obiectivului IR, una din imagini fiind preluată direct de obiectiv, cealaltă prin devierea imaginii preluată prin filtru și deviată spre obiectiv cu 2 oglinzi;
6. Procedeu asociat SILTERM, conform invenției, **caracterizat prin aceea că** asigură comutarea rapidă între căile de vizare cu și fără filtrul de polarizare;
7. Procedeu asociat SILTERM, conform invenției, **caracterizat prin aceea că** valoarea timpului de integrare utilizat la calibrarea camerei este determinat de valorile MRTD și MTF ale acesteia, determinate în laborator;
8. Procedeu asociat SILTERM, conform invenției, **caracterizat prin aceea că** permite utilizarea mai multor tipuri de filtre;
9. Procedeu asociat SILTERM, conform invenției, **caracterizat prin aceea că** permite fuzionarea imaginii achiziționate prin căile de vizare cu și fără filtrele optice de polarizare;

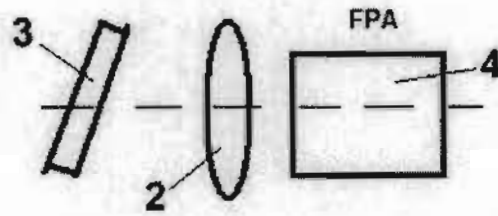
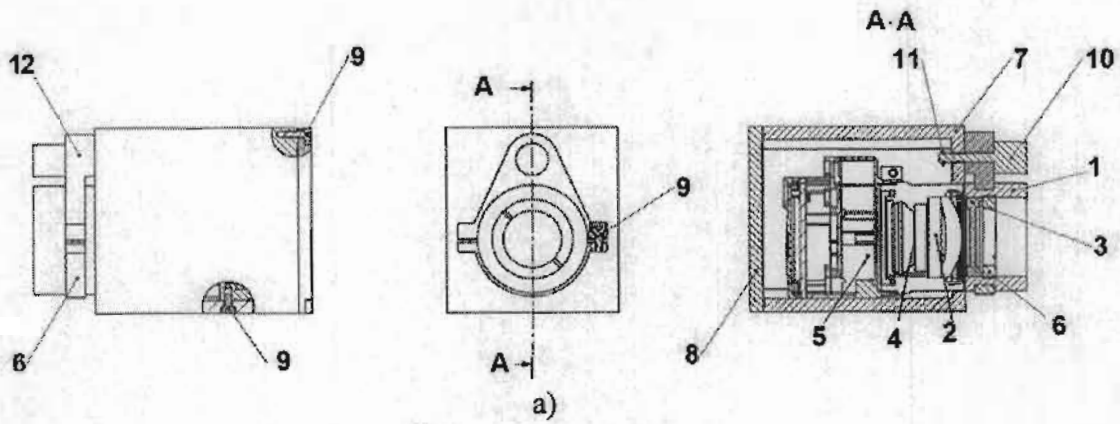
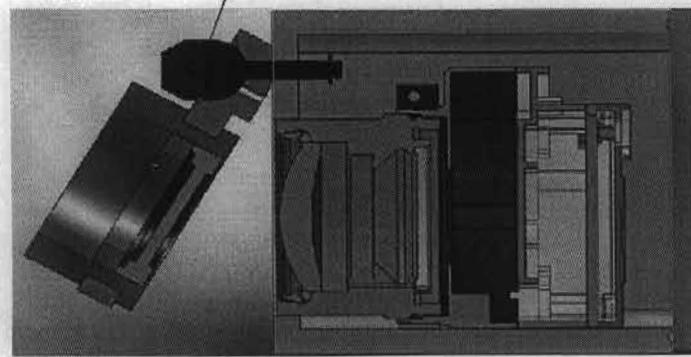


Fig.1



a)



b)  
Fig.2

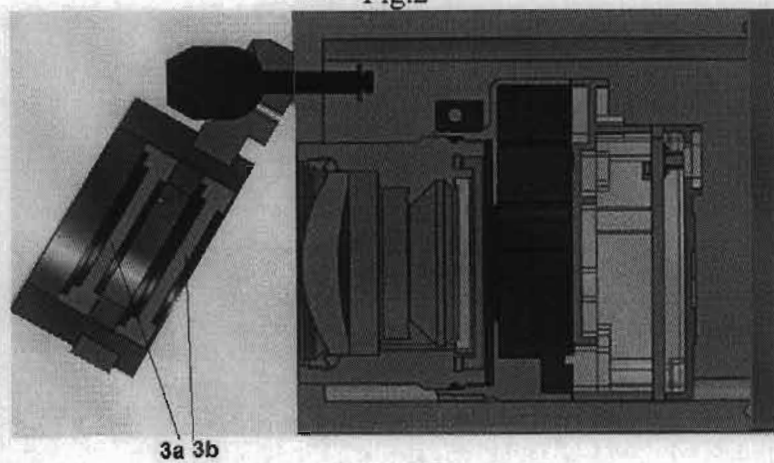


Fig.3



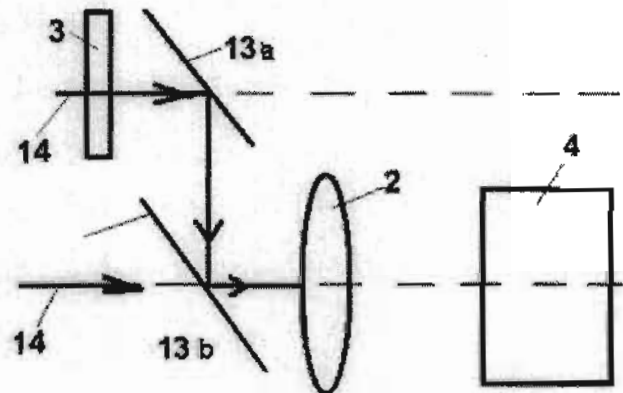


Fig.4

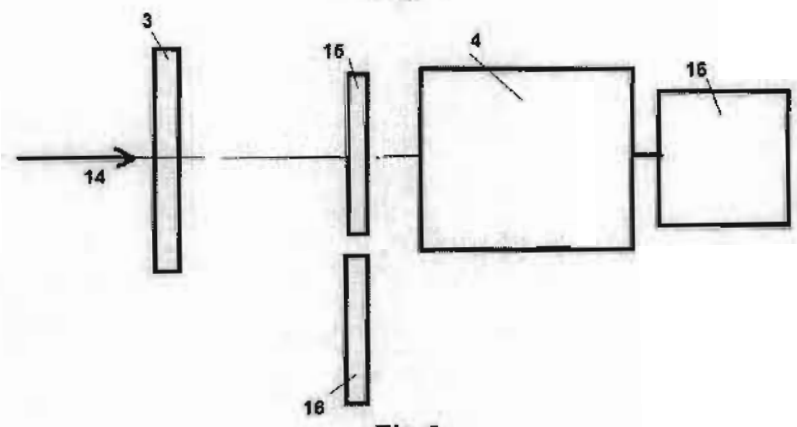


Fig.5

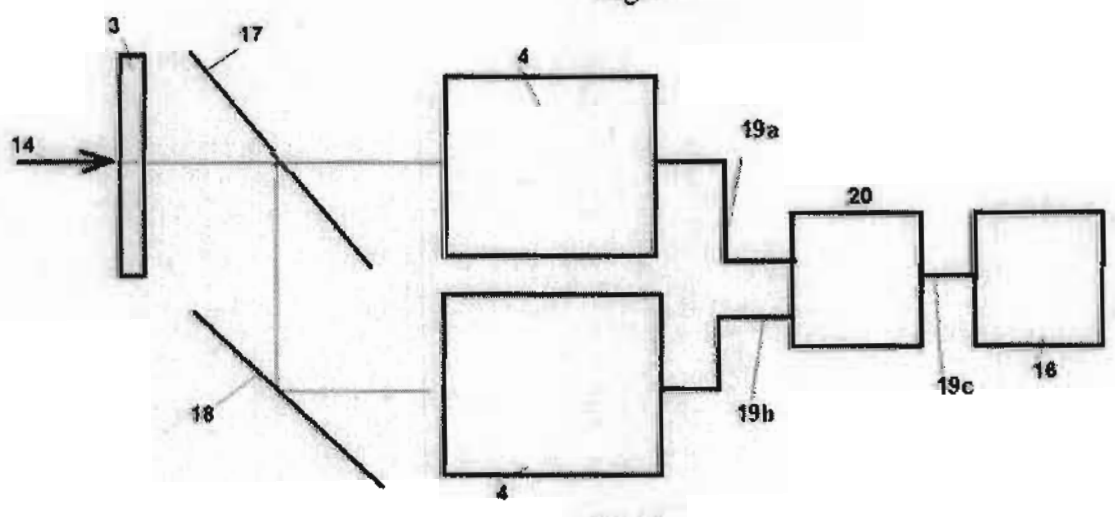


Fig.6



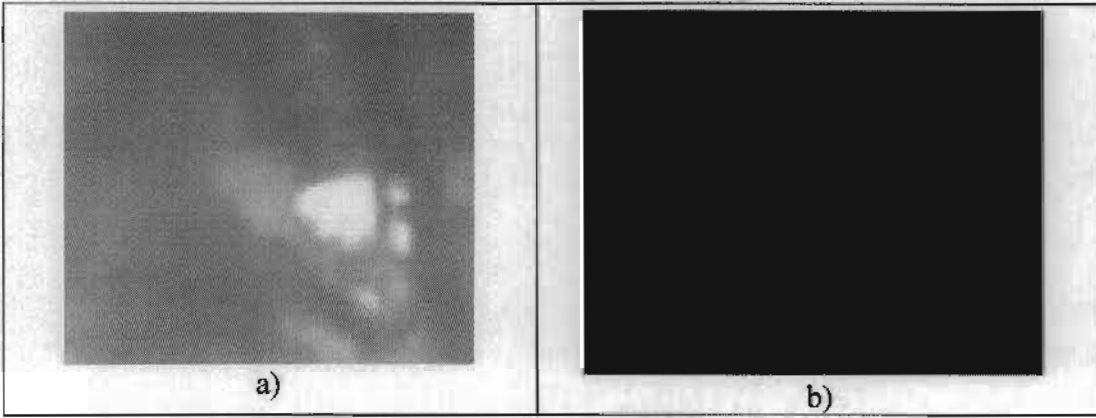


Fig.7

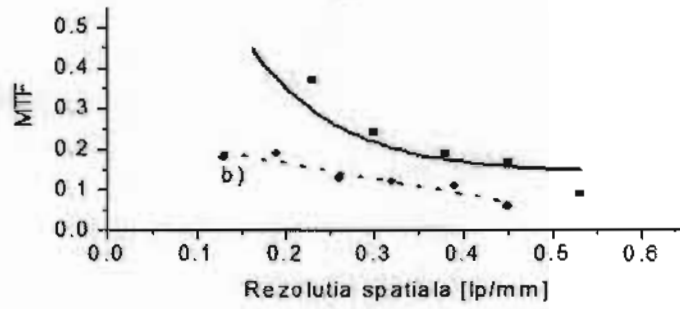


Fig.8

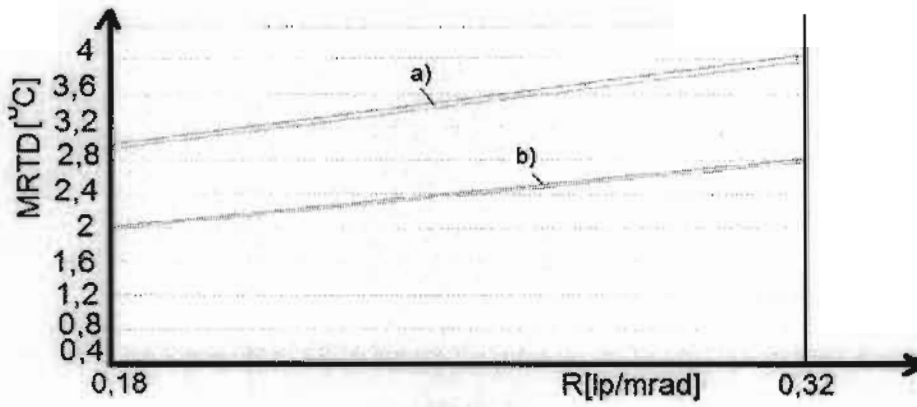


Fig.9

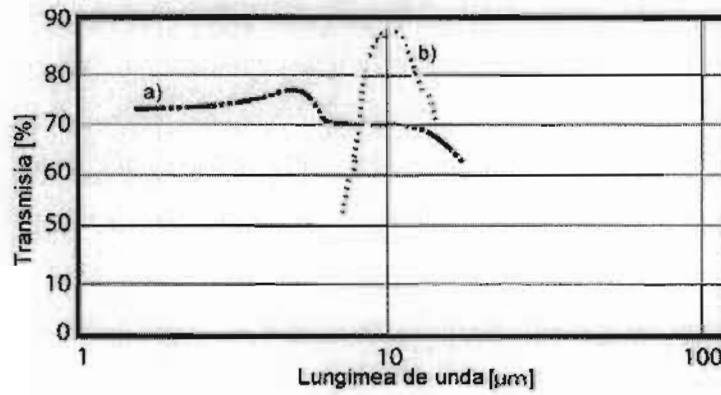


Fig.10

