



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2009 01047**

(22) Data de depozit: **15.12.2009**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **27.11.2015** BOPI nr. **11/2015**

(41) Data publicării cererii:
30.08.2011 BOPI nr. **8/2011**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE
ASACHI" DIN IAȘI,**
BD.PROF.D.MANGERON NR.67, IAȘI, IS,
RO

(72) Inventatori:
• **DOBREA DAN MARIUS, STR.BACINSCHI
NR.9, BL.C L.4, SC.C, ET.7, AP.31, IAȘI, IS,**
RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
JPH 07110216 A; JPH 0949705 A;
RO 85618

(54) **SENZOR LASER PENTRU DETERMINAREA NON-CONTACT
A DISTANȚELOR, POZIȚIEI ȘI A MIȘCĂRII DIFERITELOR
OBIECTE**



1 Invenția se referă la un nou tip de senzor bazat pe o metodă optică, noncontact, de
determinare a distanțelor, poziției și a mișcării diferitelor obiecte. Acest senzor este destinat
3 aplicațiilor robotice, medicale/biomedicale, de tip realitate virtuală, sistemelor de interfațare
om-calculator, precum și aplicațiilor multimedia.

5 În prezent, se cunosc diferite tipuri de traductoare, senzori și sisteme de senzori ce
urmăresc determinarea mișcării, poziției și distanțelor către: diferite obiecte (statice sau în
7 mișcare), sisteme vii sau părți ale sistemelor vii (așa cum sunt, de exemplu, membrele
corpului uman). Utilizarea acestor senzori sau sisteme de senzori este dată de domenii
9 precum robotică, medicină, realitate virtuală sau de diferite domenii interdisciplinare ce derivă
din acestea, precum telemedicină, chirurgie asistată robotic etc. Pentru determinarea mișcării
11 și/sau a poziției diferitelor părți ale corpului subiecților sau a diferitelor obiecte, se folosesc
în prezent senzori atașați de respectivele extremități, obiecte sau zone, aceștia fiind, în
13 general, senzori de tip: accelerometrici, giroscopici, goniometrici, senzori ai câmpului
terestru electromagnetic, ce utilizează cuplajele în câmp magnetic între bobine fixe și bobine
15 fixate pe obiectul sau corpul sistemului viu măsurat, ultrasonici sau combinații între acești
senzori în vederea obținerii de rezultate superioare.

17 Dintre senzorii menționați mai sus, senzorii accelerometrici cunoscuți și folosiți la ora
actuală sunt de tipul piezorezistiv, ei furnizând o acuratețe în determinări de aproximativ
19 ± 0.05 g. Acești senzori furnizează o informație care este proporțională cu accelerația
mișcărilor, dar și cu poziționarea relativă a senzorului față de pământ - senzorul fiind
21 influențat de gravitație. Dezavantajul acestui tip de senzor ține de imposibilitatea distingerei
între componenta de orientare relativă a senzorului în câmpul gravitațional terestru și
23 componenta proporțională cu accelerația mișcării.

25 Se cunosc, de asemenea, metode de măsurare a distanțelor, pe baza senzorilor
giroscopici. Spre deosebire de senzorii accelerometrici, senzorii de tip giroscop măsoară
viteza unghiulară pe baza principiului Coriolis. Datorită dezavantajelor pe care acești din
27 urmă senzori le au (sunt mai zgomotoși decât cei accelerometrici și au un bias de
aproximativ 97 s) în aplicațiile destinate analizei mișcărilor, nu se folosesc singuri, ci doar în
29 combinație cu senzorii accelerometrici. În această combinație, eroarea sistemului tinde să
se apropie de cea a sistemelor optice.

31 Sunt cunoscute de asemenea și metode optice de măsurare a distanței, poziției și
mișcării. Această categorie importantă de senzori optici se bazează pe algoritmi de
33 procesare a imaginilor în vederea extragerii informațiilor de poziție, mișcare și distanță a
diferitelor obiecte și sisteme vii. Aceste sisteme de monitorizare a activității motorii umane
35 pe baza analizei optice a mișcării sunt unele dintre cele mai comune. Aceste sisteme de
senzori au acuratețea cea mai bună, fiind extrem de precise și având o rezoluție de
37 identificare medie de 0.1 mm în plan orizontal și una puțin mai slabă în plan vertical (0.15
mm) - acestea reprezintă performanțe aferente unei distanțe analizate de 2.25 m. Parte din
39 aceste sisteme utilizează markeri activi. Avantajul unui astfel de sistem este dat de utilizarea
unui număr mare de markeri (deci a existenței unui număr mare de puncte de analiză) care
41 pot fi identificate ușor fără nicio problemă. Dezavantajul principal al acestui tip de senzori
este însă generat de necesitatea conectării subiectului la sistemul de măsură. Pentru a
43 înlătura acest dezavantaj, alte sisteme utilizează markeri pasivi, constând în sfere acoperite
cu un strat reflectorizant. În acest caz, identificarea tuturor markerilor, mai ales, în cazul
45 mișcărilor complexe, se dovedește uneori a fi însă una foarte dificilă, ea necesitând o mare
putere de calcul. Cu toate acestea, principalul dezavantaj al acestor sisteme rămâne prețul
47 lor ridicat și, deci, gradul lor redus de accesibilitate către publicul larg.

Sintetizând, vom spune aici doar că toate aceste sisteme prezintă unele dezavantaje care le limitează aplicabilitatea în unul, altul sau în toate dintre domeniile menționate deja.	1
Printre aceste dezavantaje, se numără:	3
- necesitatea existenței unui contact între senzor și obiectul sau sistemul viu măsurat;	
- prețul ridicat;	5
- imposibilitatea sesizării prezenței sau a mișcării corpurilor într-un spațiu de dimensiuni mari. Acești senzori restrâng foarte mult spațiul în care pot realiza determinările sau spațiul în care eroarea este acceptabilă aplicației este unul foarte mic;	7
- influența negativă a gravitației terestre, senzorii neputând distinge între componenta de orientare relativă a senzorului în câmpul gravitațional terestru și componenta proporțională cu accelerația mișcării;	9
- influența negativă exercitată de existența diferitelor câmpuri magnetice externe;	
- existența unei influențe negative generată de prezența unor obiecte cu proprietăți magnetice sau bune conductoare a sarcinilor electrice;	13
- necesitatea existenței unei puteri mari de calcul pentru determinarea distanțelor, poziției și a mișcării diferitelor corpuri;	15
- fiabilitate redusă.	17
Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în determinarea noncontact a distanțelor, poziției și a mișcării diferitelor obiecte aflate într-un spațiu relativ mare.	19
Senzorul laser destinat determinării noncontact a distanțelor, poziției și a mișcării diferitelor obiecte, cu aplicații robotice, medicale/biomedicale, de tip realitate virtuală, sistemelor de interfațare om-calculator și aplicațiilor multimedia, conform invenției, este alcătuit dintr-un scanner laser care generează cel puțin un plan laser, la un unghi constant față de un plan orizontal, astfel încât, atunci când planul laser lovește o țintă sau un obiect, apare pe aceasta un contur luminos ce reprezintă proiecția planului laser, dintr-un singur senzor optic care achiziționează două imagini, prima imagine cu scannerul laser pornit, iar cea de-a doua imagine cu scannerul laser stins, dintr-un sistem electronic de procesare a imaginilor pe bază de microcontroler sau procesor, care are implementat un software dedicat, prin intermediul căruia se compară cele două imagini și rezultă o altă imagine care conține proiecția planului laser pe țintele din imediata vecinătate. Distanțele calculate între diversele proiecții ale planului laser ce apar pe imaginea rezultată, pe de o parte, și marginea inferioară a aceleiași imagini, pe de altă parte, fiind proporționale cu adâncimea spațială de poziționare a țintelor, ceea ce permite caracterizarea directă a dinamicii mișcării țintelor.	21
	23
	25
	27
	29
	31
	33
Conform unui alt aspect al invenției, scannerul laser generează un număr arbitrar de planuri laser, toate paralele între ele și care fac un unghi constant cu planul orizontal.	35
Conform unui alt aspect al invenției, emisia scannerului laser se realizează în spectrul vizibil sau nu, pe diferite lungimi de undă.	37
Conform unui alt aspect al invenției, senzorul optic poate fi de tip CCD sau CMOS, sensibil la diferite lungimi de undă sau având diferite rezoluții.	39
Senzorul conform invenției prezintă următoarele avantaje:	
- utilizează o metodă noncontact de determinare a distanțelor, poziției și a mișcării diferitelor obiecte;	41
- oferă capabilități de operare în zone extinse din spațiu;	43
- are o sensibilitate ridicată, direct proporțională cu sensibilitatea senzorului optic;	
- costurile sistemului sunt reduse;	45
- fiabilitatea este ridicată;	
- nu este perturbat de câmpurile electromagnetice externe;	47
- nu este influențat de proprietățile de bun conductor sau de proprietățile magnetice, respectiv, capacitive ale obiectelor din vecinătate;	49

1 - în momentul în care informația furnizată de acest senzor este utilizată, ea permite
unui calculator, unui sistem embedded, microcontroler etc. (sisteme ce pot fi înglobate, de
3 exemplu, într-un autoturism) adaptarea acestora la starea subiectului;

- poate fi utilizat în aplicații biomedicale/medicale în vederea evaluării gravității
5 simptomelor bolii Parkinson sau a oricărei afecțiuni motorii.

Se prezintă, în continuare, trei exemple de realizare, implementare și utilizare
7 practică a invenției, în legătură cu fig. 1...4, care redau, după cum urmează:

- fig. 1a, b, principiul fundamental al senzorului și al principiului de măsurare, conform
9 invenției;

- fig. 2a, rezultatele obținute în cazul utilizării senzorului în cadrul aplicațiilor de
11 identificare a limbajului nonverbal;

fig. 2b, schița blocului de identificare a diferitelor posturi ale unui subiect;

13 - fig. 3, fluxul de date și pașii necesari a fi urmați în vederea realizării unui sistem de
interfațare om-calculator, utilizat în domeniul comunicării între persoane cu deficiențe în
15 vorbire, precum și fără aceste deficiențe;

- fig. 4, modalitatea de plasare a unui ansamblu de senzori laser în vederea evaluării
17 gravității simptomelor bolii Parkinson.

Senzorul laser, conform invenției, este alcătuit dintr-un scanner 1 laser, un senzor 9
19 optic și un program software care rulează pe un microcontroler, DSP sau procesor de uz
general și care controlează scannerul, achiziționează imaginile 10 și 11 și extrage informația
21 privind distanța/poziția unui obiect sau a corpului 6 sau 7 unei persoane, fig. 1. Principiul de
funcționare al întregului sistem se bazează pe generarea de către scanner 1 a unui plan laser,
23 la un unghi constant față de planul orizontal 2. Atunci când planul 3 laser lovește ținta 6 sau
7, un contur 8 luminos generat de planul laser apare pe aceasta. Sistemul utilizează un
25 singur senzor 9 optic (cameră video convențională, webcam, camcorder etc) care achizi-
ționează imagini din zona proiecției 8 planului 3 laser pe ținta dorită 6 sau 7. Ținta poate fi
27 reprezentată, spre exemplu, de: obiectele din imediata vecinătate (pentru cazul aplicațiilor
robotice), trunchiul unui subiect (pentru sistemele de interfață nonverbală om-calculator),
29 respectiv, capul pacientului (în cazul în care dorim determinarea poziției și a semnalului de
tremur al acestuia - cu utilitate directă în evaluarea gravității simptomelor bolii Parkinson).
31 Cu ajutorul senzorului 9 optic, software-ul achiziționează două imagini consecutive: prima
imagine 10 se obține cu dioda laser aprinsă (moment în care o proiecție laser de lumină
33 apare pe țintă) și, a doua imagine 11 se obține cu dioda laser stinsă. Făcând diferența dintre
cele două imagini obținem, ca rezultat, doar proiecția 8 planului 3 laser pe corpurile din
35 imediata vecinătate. Utilizându-se acest principiu simplu de operare, extragerea conturului
8 laser este foarte rapidă; acesta constituie, de altfel, unul dintre avantajele majore ale
37 senzorului, chiar dacă se utilizează imagini pentru determinarea distanțelor. Într-un ultim pas
al analizei, un simplu algoritm parcurge imaginea 12 rezultantă și extrage conturul laser ca
39 o serie „temporală” 16, fig. 2; pe axa orizontală sunt reprezentați numărul de pixeli generați
de planul laser pe obiectul de studiu, în timp ce informația extrasă de pe axa verticală este
41 una proporțională cu distanța până la poziția respectivului obiect în spațiul tri-dimensional
de observabilitate al senzorului optic. Distanțele 4, 5, 13 calculate între diversele proiecții 8
43 ale planului 3 laser ce apar pe imaginea 12 rezultată, pe de o parte, și marginea inferioară
a aceleiași imagini, pe de altă parte, sunt proporționale cu adâncimea spațială de poziționare
45 a obiectelor în universul real tridimensional, lucru ce permite caracterizarea directă a
dinamicii mișcării acestora.

Atât conceptul senzorului cât și metoda de implementare, conform invenției (prezentată mai sus) au fost verificate folosind o variantă constructivă similară cu cea prezentată în fig. 1. Blocurile de procesare a semnalelor, în acest caz, sunt cele prezentate în fig. 2b, și ele adresează aplicația particulară de identificare a limbajului nonverbal al unui subiect, precum și a stării acestuia, prin intermediul dinamicii mișcării subiectului. Identificarea unor posturi specifice ale unui subiect - precum unele ce sunt generate de plictiseală (față de o anumită problemă sau activitate și care pot fi caracterizate, spre exemplu, de susținerea capului subiectului cu ajutorul mâinii pe o perioadă mai lungă de timp) sau precum cea prezentată în fig. 2a (în care se remarcă o lipsă a interesului, dorința de a pleca, de a fi în altă parte) - pot aduce informații fundamentale despre starea emoțională a subiectului; - acest lucru este posibil, în principal, datorită faptului că toate aceste posturi, precum și multe altele, au un echivalent în starea emoțională a oricărui subiect uman. Pentru identificarea acestor posturi, suntem obligați să caracterizăm seriile de timp extrase din proiecția laser obținută pe trunchiul subiectului în discuție, fig. 2b. Deoarece seria de timp rezultată **16** va avea, în general, un număr mare de eșantioane (de exemplu 768 - acest număr de eșantioane este dat de rezoluția pe orizontală a sistemului de achiziție video) și datorită faptului că, în plus, sistemul utilizat pentru clasificare rulează pe un sistem impus de noi ca fiind cât mai ieftin (de exemplu, un DSP), apare de aici, imediat, și necesitatea stringentă a diminuării dimensionalității setului de date de intrare. Pentru atingerea acestui obiectiv, seria de date este modelată cu ajutorul unui model autoregresiv (AR) blocul **14**. Acest bloc de extragere a trăsăturilor **14**, precum și sistemul de clasificare a acestora **15** sunt doar exemple nelimitative utilizate în implementarea practică abordată aici pentru testarea performanțelor senzorului noncontact laser; în locul acestor blocuri se pot folosi, bineînțeles, orice tip de algoritm de extragere a trăsăturilor și orice tip de clasificator statistic, neuronal etc. care pot îmbunătăți într-o formă sau alta performanțele sistemului. Blocul clasificator **15** a fost implementat în aplicația de față în două moduri distincte, respectiv, cu ajutorul unor sisteme neuronale artificiale: (i) de tip perceptron multistrat (MLP - multilayer perceptron) și (ii) de tip RBF (radial basis function). Ambele structuri neuronale au fost capabile să identifice, în mod corect, diferite clase ce caracterizează diferite posturi ale unui subiect uman, dovedind astfel atât funcționarea corectă conceptuală a noului senzor propus, cât și fiabilitatea sistemului global de identificare a diferitelor posturi umane.

Acest senzor, conform invenției, a fost testat și într-o aplicație de interfațare om-calculator ce a urmărit convertirea diferitelor semne ale mâinii (utilizate, de exemplu, de către persoanele mute) într-un corespondent vocal al lor, sintetizat de un sistem programabil (microcontroler, DSP sau procesor de uz general), fig. 3. În mod similar aplicației de identificare a limbajului nonverbal și aici, într-un prim pas al analizei, se achiziționează imaginea **10** mâinii, cu planul laser activ și, respectiv, imaginea **11** cu planul laser inactiv; în pasul următor **17** se extrage doar imaginea proiecției acestui plan laser pe mâna subiectului, imaginea astfel obținută **12** fiind una prelucrată mai departe. Prin intermediul unui algoritm simplu **18** se extrage din imaginea **12** ce caracterizează informația de adâncime a imaginii **16**. În pasul următor **19** aceste valori sunt trimise către blocul **14** de extragere de trăsături și ulterior, vectorul **20** de trăsături obținut este prezentat la intrarea clasificatorului **15**. Ieșirile acestui clasificator **15** sunt preluate de către un sintetizator vocal care va pronunța echivalentul vocal al semnului identificat de către sistem.

Într-o ultimă aplicație, conform invenției, senzorul a fost testat în vederea evaluării cantitative și/sau calitative a gravității simptomelor pacienților Parkinsonieni. Deoarece pacienții Parkinsonieni sunt caracterizați de diskinezie - de mișcări involuntare, anormale ale

1 extremităților (cap, membre) - se poate înregistra activitatea motorie a capului acestora și
2 apoi caracteriza seriile de timp astfel obținute (care sunt direct proporționale cu această
3 activitate motorie) într-un mod precis, nesupus subiectivității factorului uman. Sistemul
4 propus în cazul acestui nou tip de aplicație este caracterizat de un ansamblu de doi astfel
5 de senzori **21** și **22**; aceștia înregistrează practic dinamica motorie a poziției capului **23**
6 subiectului în două plane ortogonale. Prin înregistrarea și caracterizarea acestei dinamici se
7 poate evalua eficiența tratamentului medicamentos și chirurgical precum și evoluția stării
8 pacientului în timp, într-un mod exact și nesubiectiv.

9 Prin aplicarea invenției rezultă mai multe avantaje comparativ cu soluțiile cunoscute
10 până la ora actuală; dintre acestea unele sunt generale, în timp ce alte avantaje sunt
11 particulare acestui senzor, fiind generate de conceptele ce stau la baza funcționării corecte
12 a lui.

13 Senzorul propus prezintă toate avantajele menționate la început, comparativ cu
14 senzorii accelerometrici, de tip giroscop sau cu cei bazați pe markeri activi sau pasivi. În
15 plus, prin utilizarea acestui tip de senzor se permite identificarea și cuantizarea stărilor
16 emoționale exprimate prin limbajului nonverbal exprimat prin gesturi, posturi și prin
17 intermediul dinamicii mișcării unui subiect. Acest limbaj nonverbal, corporal este puțin utilizat,
18 dacă nu chiar deloc, în cadrul sistemelor actuale de interfațare om calculator.

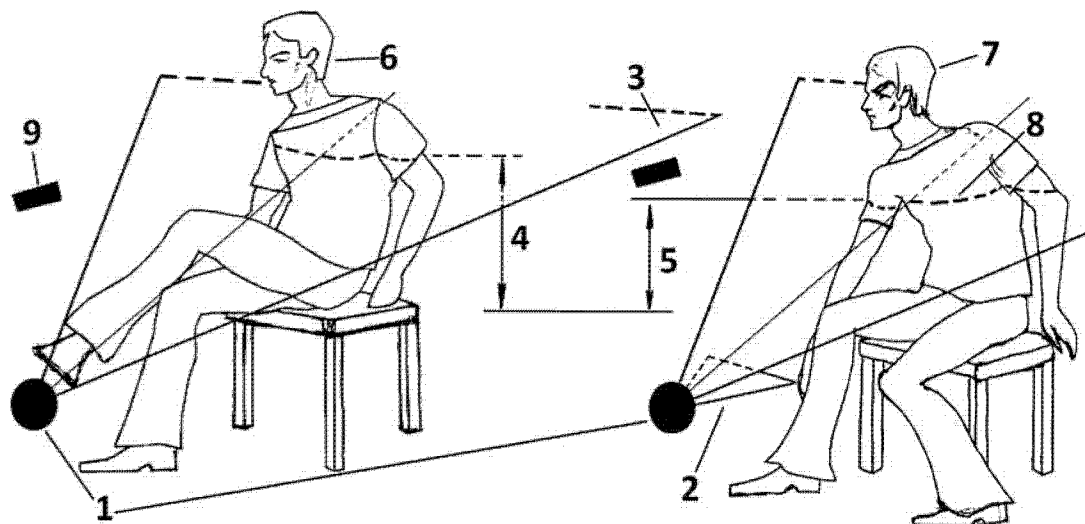
19 La ora actuală cea mai comună metodă de evaluare a gravității simptomelor bolii
20 pacienților Parkinsonieni sunt scalele de evaluare clinică care atribuie un scor afecțiunii
21 fiecărui pacient în parte. Dezavantajul acestor metode este dat, în principal, de subiec-
22 tivismul lor, diferiți medici atribuind scoruri diferite aceluiași pacient, neexistând astfel o
23 reproductibilitate a măsurărilor. Această dispersie în evaluarea pacienților este datorată,
24 în principal, experienței diferite a medicilor și faptului că la un moment dat ei pot privi numai
25 o cros-secțiune a pacientului. Datorită necesității unor evaluări obiective a:

- 26 - rezultatelor obținute în urma intervențiilor chirurgicale,
- 27 - evoluției bolii,
- 28 - stabilirii dozajului corect medicamentos pentru fiecare individ în parte,
- 29 - alegerii metodei optime de tratament,
- 30 - cât și din dorința determinării momentului optim de aplicare a tratamentului
- 31 medicamentos,
- 32 - metodele de determinare cantitativă a progresului stării pacientului capătă o
- 33 importanță din ce în ce mai mare.

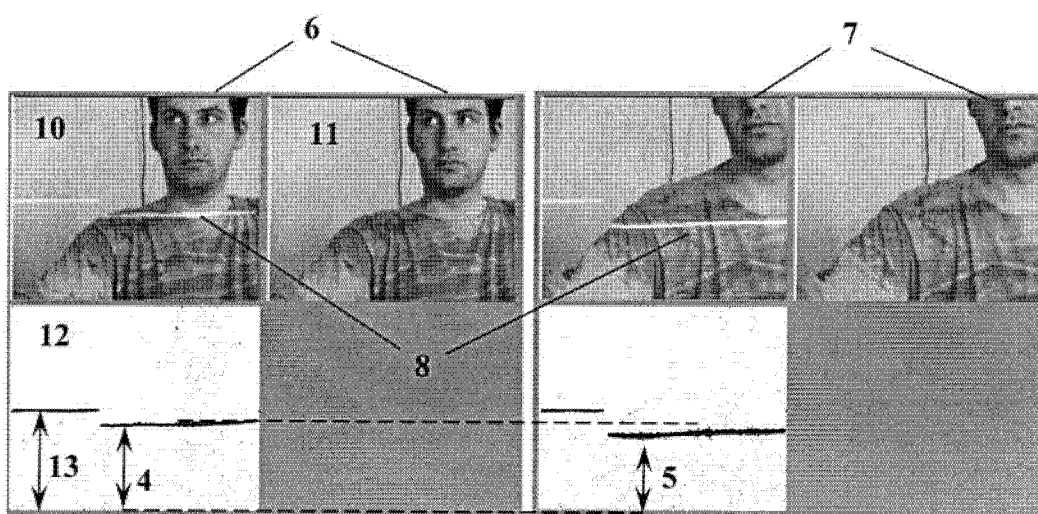
34 Utilizarea acestui senzor, conform acestei invenții, fig. 4, înlătură dezavantajele
35 prezentate anterior, constituindu-se astfel într-o metodă de evaluare cantitativă, nesubiectivă
și, totodată, noncontact, a stării și evoluției bolii Parkinson.

	1
1. Senzor laser, destinat determinării noncontact a distanțelor, poziției și a mișcării diferitelor obiecte, cu aplicații robotice, medicale/biomedicale, de tip realitate virtuală, sistemelor de interfațare om-calculator și aplicațiilor multimedia, caracterizat prin aceea că este alcătuit:	3
- dintr-un scanner (1) laser care generează cel puțin un plan (3) laser, la un unghi constant față de un plan (2) orizontal, astfel încât, atunci când planul (3) laser lovește o țintă (6 sau 7), apare pe aceasta un contur (8) luminos, ce reprezintă proiecția planului (3) laser;	5
- un senzor 9 optic care achiziționează două imagini, prima imagine (10) cu scannerul (1) laser pornit, iar cea de-a doua imagine (11) cu scannerul (1) laser stins;	7
- dintr-un sistem electronic de procesare a imaginilor pe bază de microcontroler sau procesor, care are implementat un software dedicat, prin intermediul căruia se compară cele două imagini (10 și 11) și rezultă o altă imagine (12) care conține proiecția planului laser pe țintele (6, 7) din imediata vecinătate, distanțele calculate între diversele proiecții (8) ale planului (3) laser ce apar pe imaginea (12) rezultată, pe de o parte, și marginea inferioară a aceleiași imagini (12), pe de altă parte, fiind proporționale cu adâncimea spațială de poziționare a țintelor (6, 7), ceea ce permite caracterizarea directă a dinamicii mișcării țintelor (6, 7).	9
	11
	13
	15
	17
	19
2. Senzor laser, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că scannerul (1) laser generează un număr arbitrar de planuri (3) laser, toate paralele între ele și care fac un unghi constant cu planul orizontal (2).	21
3. Senzor laser, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că emisia scannerului (1) laser se realizează în spectrul vizibil sau nu, pe diferite lungimi de undă.	23
4. Senzor laser, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că senzorul (9) optic poate fi de tip CCD sau CMOS, sensibil la diferite lungimi de undă sau având diferite rezoluții.	25
	27

(51) Int.Cl.
G01B 11/14 (2006.01),
A61B 5/11 (2006.01)

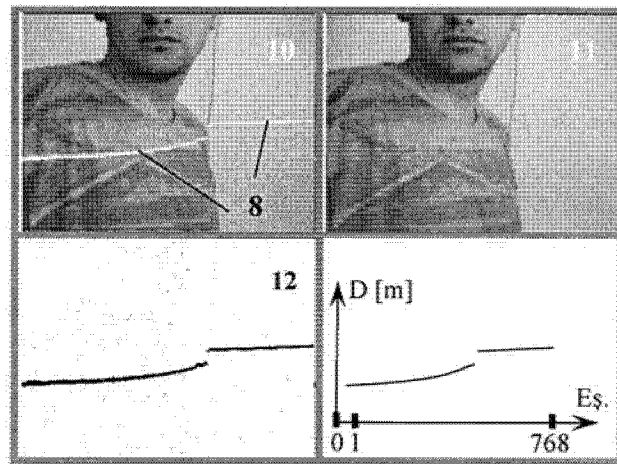


a)

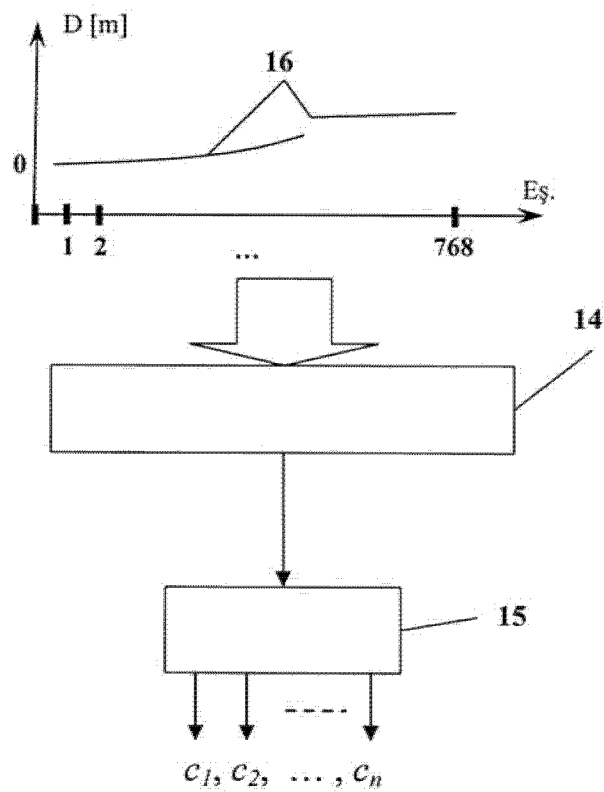


b)

Fig. 1



a)



b)

Fig. 2

(51) Int.Cl.

G01B 11/14 (2006.01),**A61B 5/11** (2006.01)