



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00267

(22) Data de depozit: 05/05/2017

(41) Data publicării cererii:
29/12/2017 BOPI nr. 12/2017

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE
ȘI DEZVOLTARE PENTRU FIZICĂ ȘI
INGINERIE NUCLEARĂ
"HORIA HULUBEI", STR.REACTORULUI
NR.30, MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:
• POPESCU DRAGOȘ CONSTANTIN,
STR.MIHAI EMINESCU, NR.45, BL.A1,
SC.A, AP.8, PIATRA NEAMȚ, NT, RO;
• CERNĂIANU MIHAIL OCTAVIAN,
STR.NICOLAE TITULESCU NR.42,
CRAIOVA, DJ, RO

(54) METODĂ ȘI SISTEM DE POZIȚIONARE AUTOMATĂ
A ELEMENTELOR PENTRU CONFIGURAȚIILE
EXPERIMENTELOR CU LASERE DE MARE PUTERE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la un sistem de poziționare automată a țintelor, detectorilor și altor elemente auxiliare care intră în componența configurației experimentale, pentru experimente cu lasere de mare putere. Metoda de poziționare, conform invenției, se bazează pe efectuarea unor măsurători relative de poziție și orientare a unor semne de referință, furnizate de un set de sisteme de măsură, și efectuarea poziționării cu ajutorul unui algoritm de optimizare în timp real, care minimizează un set de erori. Sistemul de poziționare, conform invenției, cuprinde: o unitate centrală (1) de control, un manipulator (2) motorizat cu n grade de libertate, care poziționează un anumit element al configurației experimentale, un set de m sisteme (5) de măsurare optică a poziției și orientării relative a unor semne de referință, câte un semn de referință (3) atașat fiecărui element ce trebuie poziționat, și un semn de referință (4) față de care este considerată poziția de referință unde trebuie amplasat elementul.

Revendicări: 6
Figuri: 7

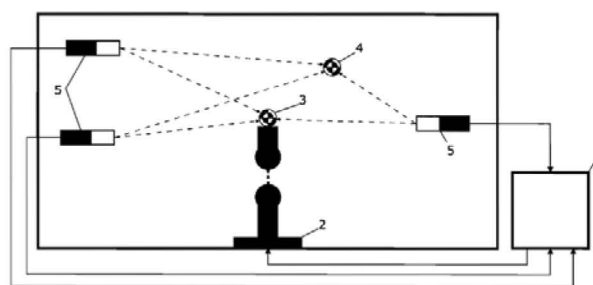


Fig. 2

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).



NESECRET

(1)

Metodă și sistem de poziționare automată a elementelor pentru configurațiile experimentelor cu lasere de mare putere

(2)

Invenția se referă la o metodă și la un sistem de poziționare automată a țintelor, detectorilor și a altor elemente auxiliare ce intră în componența configurației experimentale pentru experimentele cu lasere de mare putere și rată de repetiție ridicată. Sistemul și metoda utilizează metode optice relative de măsurare a poziției și orientării, fiind aplicabile în cazul configurațiilor ce suferă modificări structurale în timpul sesiunilor experimentale. Existența unui număr limitat de lasere de mare putere cu rată de repetiție ridicată impune o exploatare eficientă a acestora în vederea obținerii unei disponibilități optime. Astfel, în marea majoritate a facilităților ce dețin astfel de sisteme, o multitudine de tipuri de experimente pot fi operate în aceeași cameră experimentală.

(3)

În ultimii ani, laserele de mare putere au cunoscut o continuă dezvoltare ajungând în prezent la puteri de ordinul Petawaților, generând cu rată de repetiție ridicată (1Hz, 10Hz) pulsuri ultra-scurte. Aceste sisteme au deschis calea explorării unor zone din fizica experimentală accesibile în trecut doar la nivel teoretic.

Interacționând cu materia, pulsurile laser ultra-intense (cu intensități de peste 10^{18} W/cm²) formează o plasmă și accelerează [Nat. Phys. 4(6), 447 (2008)] electroni și protoni [Phys. Rev. Lett. 84(4), 670 (2000)] [Phys. Rev. Lett. 85(14), 2945 (2000)] în regimuri relativiste de energie [Rev. Mod. Phys. 78(2), 309 (2006)].

În acest fel, o primă clasă de aplicații își propune studierea acestui fenomen și dezvoltarea domeniului fizicii plasmei în regimuri neliniare [Phys. Plasmas 9(5), 2214 (2002)] [Rev. Sci. Instrum. 75(10), 3531 (2004)].

O a doua clasă de aplicații folosește fascicule de ioni [Phys. Plasmas 7(5), 2076 (2000)] [Phys. Rev. Lett. 92(17), 175003 (2004)] [Laser Part. Beams 24(2), 291-298 (2006)], radiații X și Gamma generate cu lasere [Phys. Rev. Lett. 84(5), 899 (2000)] pentru experimente de fizică nucleară, fuziune nucleară [Phys. Plasmas 1, 1626 (1994)] [Fusion Sci. Technol. 49, 297 (2006)] [Plasma Phys. Controlled Fusion 51(1), 014008 (2008)], generarea de armonici înalte [Nat. Photonics 6(12), 829 (2012)] [Nat. Photonics 7(8), 651 (2013)] [Nat. Commun. 5, 3403 (2014)], tehnici medicale de tratare a cancerului [Med. Phys. 31, 1587 (2004)], radiografii [Phys. Rev. Lett. 110(4), 044802 (2013)], experimente de astrofizică, generare de pozitroni [Phys. Rev. Lett. 102(10), 105001 (2009)] etc.

Marea majoritate a experimentelor cu lasere de mare putere sunt operate de la distanță datorită următoarelor particularități:

- Doza mare de radiație ionizantă produsă face ca experimentele să se desfășoare în buncăre special proiectate pentru a menține radiația în interior [Rom. Rep. Phys. 68, S885 (2016)].
- Buncărele pot fi deschise doar după revenirea la valorile de radiație corespunzătoare normelor.

~~Secret de serviciu~~

- Interacțiunea laser – materie are loc în vid, din această cauză în buncăre sunt instalate camere de interacție metalice, vidate [Rom. Rep. Phys. 68, S37 (2016)].
- Dimensiunea ridicată a camerelor de interacție și necesitatea pompării unui volum ridicat de aer (zeci de m³) face ca procesul de vidare – aerisire a acestora să dureze chiar și câteva ore.

În cazul experimentelor ce se realizează cu ținte solide, acestea sunt distruse după fiecare puls. Astfel apare suplimentar necesitatea înlocuirii lor cu frecvența de operare a sistemului laser [J. Phys. Conf. Ser. 713, 012002 (2016)]. În marea majoritate a cazurilor, țintele solide sunt fabricate sub forma unor folii foarte subțiri (de ordinul nanometrilor - micrometrilor) din diverse materiale [Rep. Prog. Phys. 75, 056401 (2012)]. Pentru a facilita schimbarea lor rapidă, un număr ridicat (zeci - sute) de ținte de tip folie subțire sunt montate într-o ramă de susținere ce este mișcată precis cu ajutorul unui manipulator de ținte operat de la distanță [D. Symes et al. CLF Annual Report (2013-2014)]. Pentru a crește considerabil numărul de trageri într-o sesiune, există posibilitatea stocării sub vid în camera de interacție a unui număr ridicat de rame de susținere [C. Spindloe et al. CLF Annual Report (2008-2009)], [J. S. Green et al. CLF Annual Report (2008-2009)]. În acest caz este necesară schimbarea ramei după distrugerea tuturor țintelor ei.

Pentru obținerea de pulsuri ultra-intense este necesară folosirea de oglinzi parabolice cu distanță focală scurtă (F/2, F/1) unde dimensiunea punctului focal și a lungimii Rayleigh sunt de ordinul micronilor. Astfel poziționarea și alinierea foarte precisă a țintei în volumul punctului focal este o cerință necesară pentru realizarea acestor experimente.

Etapele derulate în timpul unei sesiuni experimentale în materie de inserare, aliniere și schimbare a țintelor sunt prezentate în fig. 1.

În scopul alinierii țintelor solide în spotul focal al oglinzii parabolice, este cunoscut sistemul și metoda prezentate în [D.C. Carroll et al. CLF Annual Report (2010-2011)], [PhysRevE 67, 46402 (2003)] și [Rev. Sci. Instrum. 73, 4176–4184 (2002)]. Sistemul este compus dintr-o sursă laser auxiliară injectată în sistemul de transport a fasciculului prin transmisia unei oglinzi cu scopul de a ilumina ținta. Lumina reflectată de pe țintă este preluată de oglinda parabolică și transmisă în sens invers în lungul lanțului optic către o cameră unde este formată o imagine. Acest sistem este prealiniat astfel încât imaginea formată pe cameră este focalizată doar atunci când ținta se află în poziția de referință dorită. Pentru a obține poziția de referință, oglinda parabolică este focalizată pe un pin metalic. Prealinierea sistemului este realizată prin aducerea în focus a imaginii produsă de reflexia de pe respectivul pin. După înlăturarea pinului metalic, poziționarea țintelor se realizează manual cu ajutorul imaginii de pe cameră.

Dezavantajele acestui sistem și metodă de aliniere constau în faptul că de fiecare dată când este modificată configurația experimentală (repoziționată oglinda parabolică, repoziționat manipulatorul de ținte, schimbată rama de ținte) întreaga procedură de prealiniere a camerei video și a laserului trebuie refăcută. De asemenea, cu ajutorul acestei metode nu poate fi reglată precis orientarea țintei. Procedura de aliniere a unei noi ținte este realizată manual astfel timpul necesar este ridicat (5 min.) iar precizia de poziționare diferă de la un operator la altul. Astfel, în medie, acest sistem asigură o precizie de +/- 25 um ceea ce poate afecta semnificativ intensitatea pulsului laser.

~~Secret de serviciu~~

2/9

~~Dragoș Popescu~~
Dragoș Popescu

~~Mihail Bermanian~~
Mihail Bermanian

NESECRET

R

~~Secret de serviciu~~

În același scop mai este cunoscut sistemul și metoda prezentate în [D.C. Carroll et al. CLF Annual Report (2011-2012)], [Rev. Sci. Instrum. 86, 53303 (2015)] și [Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A 829, 363–366 (2016)]. Acest sistem este compus dintr-un microscop cu magnificare mare (50x), o cameră CCD și o sursă de lumină. Metoda de aliniere constă în poziționarea feței țintei în volumul punctului focal cu ajutorul microscopului. Microscopul este poziționat astfel încât punctul focal să fie vizibil în imagine. Ținta este adusă în câmpul vizual al microscopului astfel spatele țintei se va regăsi în volumul focal. În cazul țintelor foarte subțiri (nm) se consideră că cele două fețe coincid. Pentru țintele mai groase (um) se realizează suplimentar o compensare a poziției cu grosimea țintei. Acest sistem a fost ulterior îmbunătățit fiind adăugată o a doua cameră CCD utilizată pentru reglarea precisă a orientării țintei [N. Booth et al. CLF Annual Report (2012-2013)] și [T. Anderson et al. CLF Annual Report (2013-2014)].

Dezavantajul major al acestui sistem și metodă de aliniere este timpul ridicat necesar poziționării unei ținte (15-20 min) datorat faptului că procedura este realizată manual. De asemenea prealinierea microscopului și a ramei de susținere a țintelor în câmpul vizual al microscopului este o procedură manuală laborioasă ce trebuie realizată la începutul fiecărei sesiuni experimentale.

Este de asemenea cunoscută o versiune îmbunătățită a acestui sistem și metodă prezentată în [D.R. Symes et al. CLF Annual Report (2014-2015)] în care a fost adăugat un al doilea obiectiv cu magnificare mai mică (10x) cu scopul de a accelera procedura de aliniere. Astfel, în locul alinierii realizate la fiecare schimbare a țintelor, întreaga ramă de susținere este scanată la începutul sesiunii într-un timp de 20 min. În timpul experimentului, trecerea de la o țintă la alta este realizată în mai puțin de un minut.

Dezavantajul acestei sistem și metodă constă în necesitatea procedurii de prealiniere la începutul sesiunii.

În același scop mai este cunoscut sistemul și metoda prezentate în [Proc. SPIE 8850, 885002 (2013)] și [Proc. SPIE 9211, 921107 (2014)] bazate pe interferometrie. Sistemul este compus dintr-o sursă laser cu trei lungimi de undă diferite, un interferometru Mach-Zendher și o cameră CCD. Poziția țintei pentru care aceasta se află în volumul punctului focal este determinată prin procedura de prealiniere realizată la începutul sesiunii experimentale. Imaginea de interferență produsă de ținta aflată în această poziție este memorată drept imagine de referință. O nouă țintă este poziționată astfel încât imaginea de interferență produsă de aceasta să coincidă cu cea de referință. Această soluție asigură o precizie de aliniere a țintei de sub 1 um.

Dezavantajul acestui sistem și metodă de aliniere reprezintă timpul ridicat necesar pentru prealinierea interferometrului și a țintei și stabilirea poziției de referință.

Se cunoaște de asemenea sistemul și metoda de aliniere cu fascicule laser de referință prezentate în [Fusion Sci. Technol. 51.4, 795-799 (2007)] și [Feier, I. et al. eConf C971013 (1997) 047 IWAA-1997-047]. Acest sistem este compus dintr-o bandă cu plăci purtătoare pe care ținta este fixată cu ajutorul unor fibre și în care sunt prelucrate trei găuri cu axele ortogonale, trei surse laser și trei camere CCD. Procedura de aliniere constă în monitorizarea celor trei imagini de difracție produse prin găuri de sursele laser și poziționarea plăcii purtătoare astfel încât acestea să coincidă cu unele de referință.

~~Secret de serviciu~~

3/9



Dragoș Popescu


Mihail Bernăianu

NESECRET

57

Secret de serviciu

Dezavantajele acestui sistem și metodă de aliniere sunt:

- precizia unghiulară de aliniere scăzută (grade).
- configurația experimentală este una fixă în care poziția relativă a tuturor elementelor (surse laser, camere, placa purtătoare) nu se modifică.
- pentru utilizarea metodei în configurații cu structură variabilă este necesară o procedură laborioasă de prealiniere a elementelor componente.

În scopul poziționării manipuloarelor utilizând informații vizuale este cunoscut sistemul și metoda prezentate în [DOI: 10.1109/IROS.2014.6942640]. Sistemul este compus dintr-un manipulator robotic și un sistem de camere video stereoscopice. Metoda se bazează pe determinarea corelației între mișcările realizate de manipulator și efectul produs de acestea în imaginile sistemului stereoscopic.

Dezavantajul acestui sistem și metodă constă în necesitatea cunoașterii modelului cinematic al manipulatorului robotic, ceea ce reprezintă un important inconvenient atunci când structura acestuia suferă modificări frecvente. De asemenea, necesitatea utilizării unui sistem video cu două camere face ca sistemul să nu fie funcțional atunci când una dintre ele pierde contactul vizual.

(4)

Problema pe care o rezolvă invenția este prealinierea automată a unor elemente din configurația experimentală ce sunt poziționate cu ajutorul unor manipuloare motorizate. Poziționarea este realizată relativ la alte elemente fără a avea nevoie de un sistem absolut de coordonate și de o structură fixă a configurației experimentale.

(5)



Sistemul pentru aplicarea metodei de poziționare automată a elementelor pentru configurațiile experimentelor cu lasere de mare putere, conform invenției, elimină dezavantajele menționate mai sus, fiind alcătuit din (fig. 2): unitatea centrală de control (1), manipulatorul motorizat cu n grade de libertate ce poziționează un anumit element al configurației experimentale (2), un set de m sisteme de măsurare optică a poziției și orientării relative a unor markeri fiduciali (5), un marker fiducial atașat elementului ce trebuie poziționat (3) și un marker fiducial relativ la care este considerată poziția și orientarea de referință unde trebuie poziționat elementul (4).

Fiecare din cele m sisteme de măsurare optică determină în propriul sistem de coordonate poziția și orientarea celor doi markeri fiduciali, calculând distanțele euclidiene (la translație și rotație) între markerul fiducial atașat elementului ce trebuie poziționat și poziția de referință calculată relativ la celălalt marker. În cazul în care unul sau mai multe sisteme de măsurare pierd contactul vizual cu markerii fiduciali, sistemul de poziționare rămâne funcțional atâta timp cât markerii rămân vizibili pentru cel puțin un sistem de măsurare. Metoda de poziționare automată se bazează pe aplicarea unei proceduri de optimizare în timp real prin care unitatea centrală de control transmite comenzi către manipulatorul motorizat cu scopul de a minimiza distanțele euclidiene.

Odată cu determinarea poziției și orientării unui marker fiducial în propriul sistem de coordonate de către un sistem de măsurare optică se obține o transformare de coordonate

Secret de serviciu

4/9


Dragoș Popescu
Mihail Gernăianu

~~Secret de serviciu~~

tridimensională între sistemul de coordonate atașat sistemului de măsurare și sistemului de coordonate atașat markerului fiducial. Un exemplu uzual de astfel de transformare este Transformarea Omogenă ce conține un vector de translație (coordonatele tridimensionale în primul sistem de coordonate ale originii celui de-al doilea sistem) și o matrice de rotație (coordonatele tridimensionale în primul sistem de coordonate ale versorilor celui de-al doilea sistem):

$$T = \begin{bmatrix} R & t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} - \text{matrice omogenă}$$

unde $R \in R^{3 \times 3}$ - matrice de rotație

și $t \in R^3$ - vector de translație

Metoda de poziționare automată a elementelor pentru configurațiile experimentelor cu lasere de mare putere, conform invenției, constă în următoarele etape de bază:

E1. Cele m sisteme de măsurare optică determină poziția și orientarea relativă a markerului fiducial atașat elementului ce trebuie poziționat:

$$T^1, T^2, \dots, T^m$$

E2. Cele m sisteme de măsurare optică determină poziția și orientarea relativă a markerului de referință:

$$T_r^1, T_r^2, \dots, T_r^m$$

E3. Pe baza celor m poziții a markerului fiducial de referință se calculează poziția și orientarea de referință relativă la acestea.

Spre exemplu dacă se folosesc transformări omogene și se dorește ca poziția de referință să fie la 10 cm translatat pe axa Z în fața markerului fiducial de referință, toate pozițiile relative

$$T_r^1, T_r^2, \dots, T_r^m \text{ vor fi înmulțite cu transformarea omogenă: } \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \text{ Astfel se}$$

obțin pozițiile și orientările relative de referință:

$$T_{Ref}^1, T_{Ref}^2, \dots, T_{Ref}^m$$

E4. Cele m poziții relative a markerului fiducial atașat elementului ce trebuie poziționat și cele m poziții relative de referință sunt transformate în vectori de translație și unghiuri euler. Astfel se obțin:

$$t^1, t^2, \dots, t^m \text{ și } t_{Ref}^1, t_{Ref}^2, \dots, t_{Ref}^m - \text{vectori de translație}$$

$$\varepsilon^1, \varepsilon^2, \dots, \varepsilon^m \text{ și } \varepsilon_{Ref}^1, \varepsilon_{Ref}^2, \dots, \varepsilon_{Ref}^m - \text{vectori de translație}$$

E5. Pe baza acestora se calculează cele m distanțe euclidiene de translație și cele m de rotație.

Aceste etape sunt utilizate în cadrul procedurii de optimizare în timp real în care distanțele euclidiene sunt denumite erori. Astfel scopul procedurii de optimizare în timp real este de a

~~Secret de serviciu~~

5/9

Dragoș Popescu

Mihail Gernăvanu

~~Secret de serviciu~~

minimiza erorile aplicând comenzi manipulatorului pentru care nu se cunoaște structura și modelul cinematic.

Metode de optimizare în timp real pentru procese pentru care nu se cunoaște modelul matematic includ, fără a se limita la Algoritmi Genetici, Algoritmi de optimizare de inspirație biologică, Algoritmi numerici de optimizare pe bază de gradient (Algoritm de coborâre pe antigradient, Algoritm Gauss-Newton) cu estimarea gradientului în timp real [DOI: 10.1016/b978-0-444-53711-9.50122-x].

Sisteme de măsurare optică a poziției și orientării relative includ fără a se limita la laser trackere, camere cu infra-roșu de capturare a mișcării, camere video și markeri fiduciali de realitate augmentată [Pattern Recognit. 47(6), 2280-2292 (2014)], [Pattern Recognit. 51, 481-491 (2016)], tehnici bazate pe moire [US5052807], [US8625107].


(6)


Prin aplicarea invenției se obțin următoarele avantaje:

1. Elemente ce intră în componența configurației experimentale (ținte, detectori, alte elemente) sunt prealiniat rapid printr-o procedură automată
2. Fiind o procedură automată, precizia de poziționare nu va depinde de abilitatea operatorului uman
3. Sistemul de poziționare este robust la pierderea contactului vizual cu markerii fiduciali a sistemelor de măsurare
4. Folosit în cazul configurațiilor experimentale complexe lângă care accesul este limitat, sistemul permite alinierea de la distanță.
5. Se reduce considerabil timpul de inițiere a unei sesiuni experimentale deoarece alinierea poate fi făcută direct în vid
6. Sistemul oferă feedback vizual fiind robust în cazul în care encoderele manipuloarelor motorizate se defectează datorită pulsului electromagnetic produs în timpul experimentului [PhysRevE 91(4), 043106 (2015)]
7. Sistemul oferă feedback vizual necesar pentru prevenirea coliziunilor între elementele configurației experimentale
8. Modificarea poziției sistemelor de măsurare optică nu afectează funcționarea sistemului de poziționare
9. Prealinierea este realizată automat fără a mai fi nevoie de o procedură de prealiniere manuală pentru cazurile în care:
 - Nu există sau nu se poate defini un sistem de coordonate absolut pentru toată configurația experimentală
 - Se modifică structura configurației experimentale (poziția manipulatorului motorizat sau a poziției de referință)
 - Nu există un model cinematic al manipulatorului motorizat

~~Secret de serviciu~~

6/9


Margareta Popescu


Mihail Eremian

~~Secret de serviciu~~

- Se modifică structura cinematică a manipulatorului

10. Folosită în cadrul etapelor de „Prealinieră (aer)” și „Aliniere vid (grosieră)” (fig. 1) împreună cu alte metode de aliniere fină precum cele prezentate în Stadiu Tehnicii se obține o procedură automată de poziționare rapidă și cu precizie la nivel de micron a țintelor solide în experimentele cu lasere de mare putere și frecvență de repetiție ridicată.

(7)

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu fig. 3...7, care reprezintă:

- fig. 3, vedere de ansamblu asupra configurației experimentale;
- fig. 4, vedere de detaliu a procedurii de prealinieră a microscopului în punctul focal produs de oglinda parabolică;
- fig. 5, vedere de detaliu a procedurii de inserare a unei noi rame cu ținte și preluarea acesteia de manipulatorul motorizat pentru ținte;
- fig. 6, vedere de detaliu a procedurii de prealinieră a țintei în câmpul vizual al microscopului;
- fig. 7, vedere de detaliu a procedurii de prealinieră a unui detector într-o poziție optimă relativ la țintă;

(8)

Pentru configurațiile experimentale în experimentele cu lasere de mare putere, sistemul și metoda de poziționare automată poate fi folosit în cadrul următoarelor proceduri:

- poziționarea microscopului în apropierea volumului focal produs de oglinda parabolică
- poziționarea manipulatorului de ținte în poziția de preluare sau de schimb a ramei cu ținte de la brațul sistemului de inserare de ținte
- poziționarea ramei de ținte cu ajutorul manipulatorului de ținte în câmpul focal al microscopului
- poziționarea unui detector într-o poziție relativă la rama de ținte

Un exemplu de configurație experimentală într-un experiment cu laser de mare putere și rată de repetiție ridicată este prezentat în fig. 3 în care se regăsesc următoarele elemente:

- (1) unitate centrală de control
- (2) sistem de inserare de ținte
- (3) rame cu ținte stocate în vid
- (4) flanșa de intrare a fasciculului laser în camera experimentală
- (5) marker fiducial atașat flanșei
- (6) oglindă parabolică

~~Secret de serviciu~~

7/9

~~Dragos Popescu~~
Dragos Popescu

~~Mikhail Eornățanu~~
Mikhail Eornățanu

NESECRET~~Secret de serviciu~~



- (7) marker fiducial atașat oglinzii
- (8) sistem de poziționare cu 6 axe pentru oglinda parabolică
- (9) braț sistem de inserare de ținte
- (10) marker fiducial atașat brațului
- (11) ramă cu ținte preluată de braț
- (12) manipulator ținte cu 5 axe de mișcare
- (13) marker fiducial atașat manipulatorului
- (14) ramă cu ținte fixată în manipulator
- (15) marker fiducial atașat ramei
- (16) manipulator microscop cu 3 axe de mișcare
- (17) microscop
- (18) marker fiducial atașat microscopului
- (19) manipulator detector cu 3 axe de mișcare
- (20) detector
- (21) marker fiducial atașat detectorului
- (22) camere video
- (23) cameră de interacție
- (24) interfață de comunicație și sincronizare între unitatea centrală de control și sistemul de inserare de ținte

În fig. 4 este prezentată procedura de poziționare a microscopului în apropierea punctului focal produs de oglinda parabolică necesară pentru optimizarea ulterioară a punctului focal. Fasciculul laser pătrunde în camera experimentală (23) prin flanșa de intrare (4) și este focalizată cu ajutorul oglinzii parabolice (6) ce este poziționată cu ajutorul unui sistem de manipulare cu 6 axe de mișcare (8). Optimizarea punctului focal se realizează prin ajustarea fină a poziției oglinzii parabolice și a microscopului (17). Poziționarea microscopului se realizează cu ajutorul unui manipulator cu 3 axe (16). Conform etapelor metodei de poziționare automată, poziția și orientarea de referință unde trebuie poziționat microscopul este calculată pe baza poziției markerului fiducial atașat flanșei de intrare (5) și a markerului fiducial atașat oglinzii parabolice (7). De asemenea, în calcularea poziției de referință se ia în considerare poziția relativă (fixată constructiv) dintre markerul fiducial atașat microscopului (18) și planul focal și zona centrală din imagine. Algoritmul de poziționare automată este implementat în unitatea centrală de control (1) și transmite comenzi către manipulatorul microscopului. Erorile definite conform invenției sunt determinate pentru poziția markerului fiducial atașat microscopului și pentru poziția de referință definită, cu ajutorul a două camere video (22).

În fig. 5 este prezentată procedura de inserare sau de extragere a unei rame cu ținte. Această

~~Secret de serviciu~~

8/9


Dragos Popescu
Mihail Eremăianu

NESECRET

46

~~Secret de serviciu~~



procedură este necesară pentru înlocuirea ramei atunci când toate țintele ei au fost distruse. Sistemul de inserare de ținte (2) stochează în vid mai multe rame (3) ce sunt preluate și introduse sau extrase din camera experimentală (23) cu ajutorul unui braț robotic (9). Rama (14) este inserată sau extrasă din manipulatorul de ținte (12). Pentru a putea realiza schimbul de ramei, brațul sistemului de inserare trebuie adus în poziția de extindere maximă iar manipulatorul trebuie adus într-o poziție precisă relativ la acesta. Conform etapelor metodei de poziționare automată, poziția și orientarea de referință unde trebuie poziționat manipulatorul este calculată pe baza poziției markerului fiducial atașat brațului (10) sau a markerului fiducial atașat ramei (15). Algoritmul de poziționare automată este implementat în unitatea centrală de control (1) și transmite comenzi către manipulatorul de ținte. Pentru a facilita sincronizarea dintre manipulatorul de ținte și sistemul de inserare, unitatea centrală de control este interfațată cu sistemul de inserare prin interfața (24). Erorile definite conform invenției sunt determinate pentru poziția markerului fiducial atașat manipulatorului (13) și pentru poziția de referință definită, cu ajutorul a două camere video (22).

În fig. 6 este prezentată procedura de prealiniere a țintei în câmpul vizual al microscopului. Această procedură este o etapă premergătoare etapei de aliniere fină a țintei conform fig. 1 ce este realizată cu ajutorul microscopului prin metode prezente în stadiul tehnicii. Poziția microscopului (17) este fixată ca urmare a etapei anterioare de optimizare a focusului astfel poziționarea se realizează pentru rama de ținte (14) cu ajutorul propriului manipulator (12). Conform etapelor metodei de poziționare automată, poziția și orientarea de referință unde trebuie poziționată rama este calculată pe baza poziției markerului fiducial atașat microscopului (18). De asemenea, în calcularea poziției de referință se ia în considerare poziția relativă (fixată constructiv) dintre markerul fiducial atașat microscopului și planul focal și zona centrală din imagine unde a fost plasat anterior punctul focal. Algoritmul de poziționare automată este implementat în unitatea centrală de control (1) și transmite comenzi către manipulatorul ramei cu ținte. Erorile definite conform invenției sunt determinate pentru poziția markerului fiducial atașat ramei și pentru poziția de referință definită, cu ajutorul a două camere video (22).

În fig. 7 este prezentată procedura de prealiniere a unui detector într-o poziție relativă la țintă. Componenta de detecție joacă un rol foarte important fiind mijlocul prin care este extras rezultatul științific al unui experiment. În funcție de tipul și scopul unui detector, acesta trebuie aliniat într-o poziție și orientare bine determinată relativ la volumul unde are loc fenomenul fizic urmărit (interacțiunea radiație laser – materie solidă) pentru ca detecția să se realizeze optim și eficient. Poziția ramei cu ținte (14) este fixată ca urmare a etapei anterioare de aliniere în punctul focal astfel, poziționarea se realizează pentru detector (20) cu ajutorul propriului manipulator (19). Conform etapelor metodei de poziționare automată, poziția și orientarea de referință unde trebuie poziționat detectorul este calculată pe baza poziției markerului fiducial atașat ramei (15) în conformitate cu tipul de detector folosit. Algoritmul de poziționare automată este implementat în unitatea centrală de control (1) și transmite comenzi către manipulatorul detectorului. Erorile definite conform invenției sunt determinate pentru poziția markerului fiducial atașat detectorului și pentru poziția de referință definită, cu ajutorul a două camere video (22).

~~Secret de serviciu~~

9/9


Dragoș Popescu
Mihail Eremianu

a 2017 00267
NESECRET

05/05/2017
8/44 - 04.05.2017.

45

~~Secret de serviciu~~

REVENDICARI

Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
Informații Clasificate
INTRARE
Nr. 2/10 din 05/05/17

1. Sistem de poziționare automată a elementelor pentru configurațiile experimentelor cu lasere de mare putere **caracterizat prin aceea că** este compus din o unitate centrală de control (fig. 2-1), un manipulator motorizat cu n grade de libertate ce poziționează un anumit element al configurației experimentale (fig. 2-2), un set de m sisteme de măsurare optică a poziției și orientării relative a unor markeri fiduciali (fig. 2-5), un marker fiducial atașat elementului ce trebuie poziționat (fig. 2-3) și un marker fiducial relativ la care este considerată poziția de referință unde trebuie poziționat elementul (fig. 2-4).
2. Sistem de poziționare automată conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** unitatea centrală de control transmite comenzi către manipuloare motorizate pentru care nu se cunoaște modelul cinematic, pentru a minimiza un set de erori în cadrul unei proceduri de optimizare în timp real.
3. Metodă de poziționare automată a elementelor pentru configurațiile experimentelor cu lasere de mare putere **caracterizată prin aceea că** presupune efectuarea etapelor E1...E5.
4. Sistem de calcul ce implementează metoda de poziționare automată a elementelor pentru configurațiile experimentelor cu lasere de mare putere **caracterizat prin aceea că** primește informații de la sistemele optice de măsurare relativă, transmite comenzi către manipuloarele motorizate și se interfațează cu sistemul de inserare de ținte prin interfețe de comunicație existente.
5. Metodă de poziționare automată conform revendicării 3, **caracterizată prin aceea că** erorile sunt definite ca distanțele euclidiene (de translație și de rotație) între pozițiile și orientările markerului fiducial atașat elementului ce trebuie poziționat și pozițiile și orientările de referință în raport cu toate sistemele de măsurare optică.
6. Metodă de poziționare automată conform revendicării 3, **caracterizată prin aceea că** poziția și orientarea de referință este definită relativ la pozițiile și orientările unuia sau mai multor markeri fiduciali de referință.

~~Secret de serviciu~~

1/1

~~Drașcu~~
Dragos Popescu

~~Ch~~
Mihail Bernăscu

44

NESECRET

Secret de serviciu

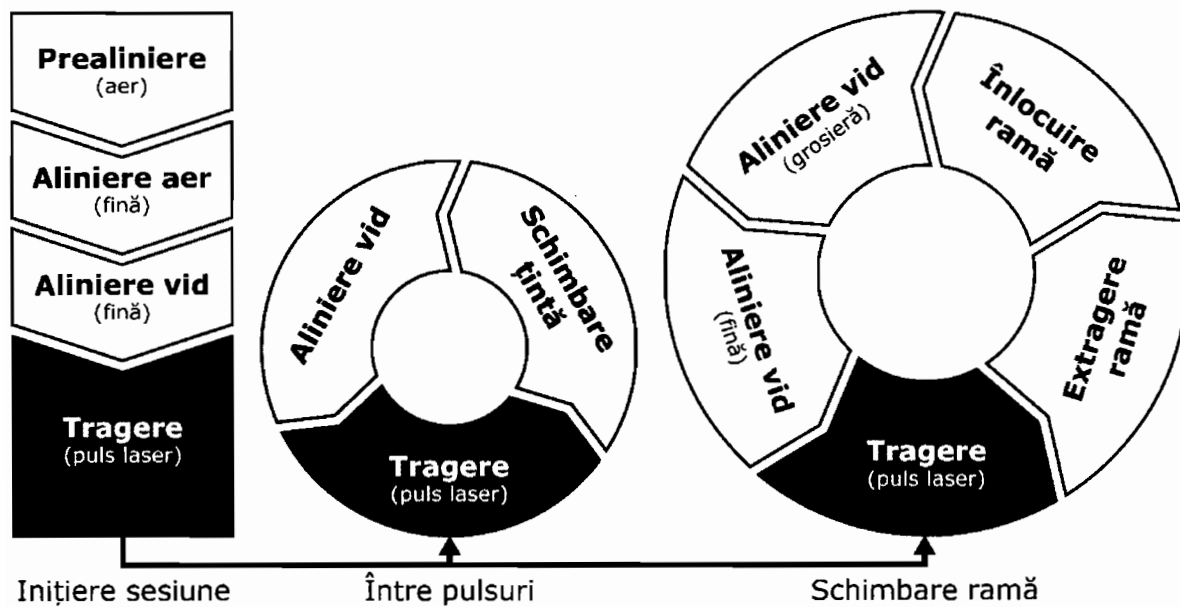


Figura 1

[Signature]
Dragoș Popescu

[Signature]
Mihail Eremianu

43

NESECRET

~~Secret de serviciu~~

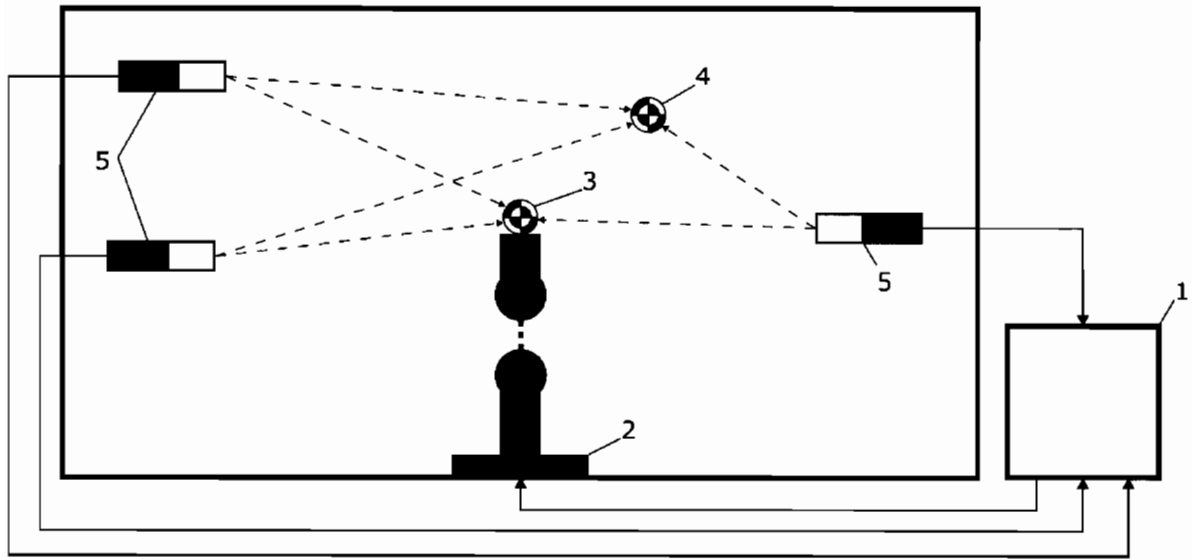


Figura 2

~~Secret de serviciu~~

2/7

~~Mihail Bernatianu~~
Mihail Bernatianu

~~Mihail Bernatianu~~
Mihail Bernatianu

NESECRET

~~Secret de serviciu~~

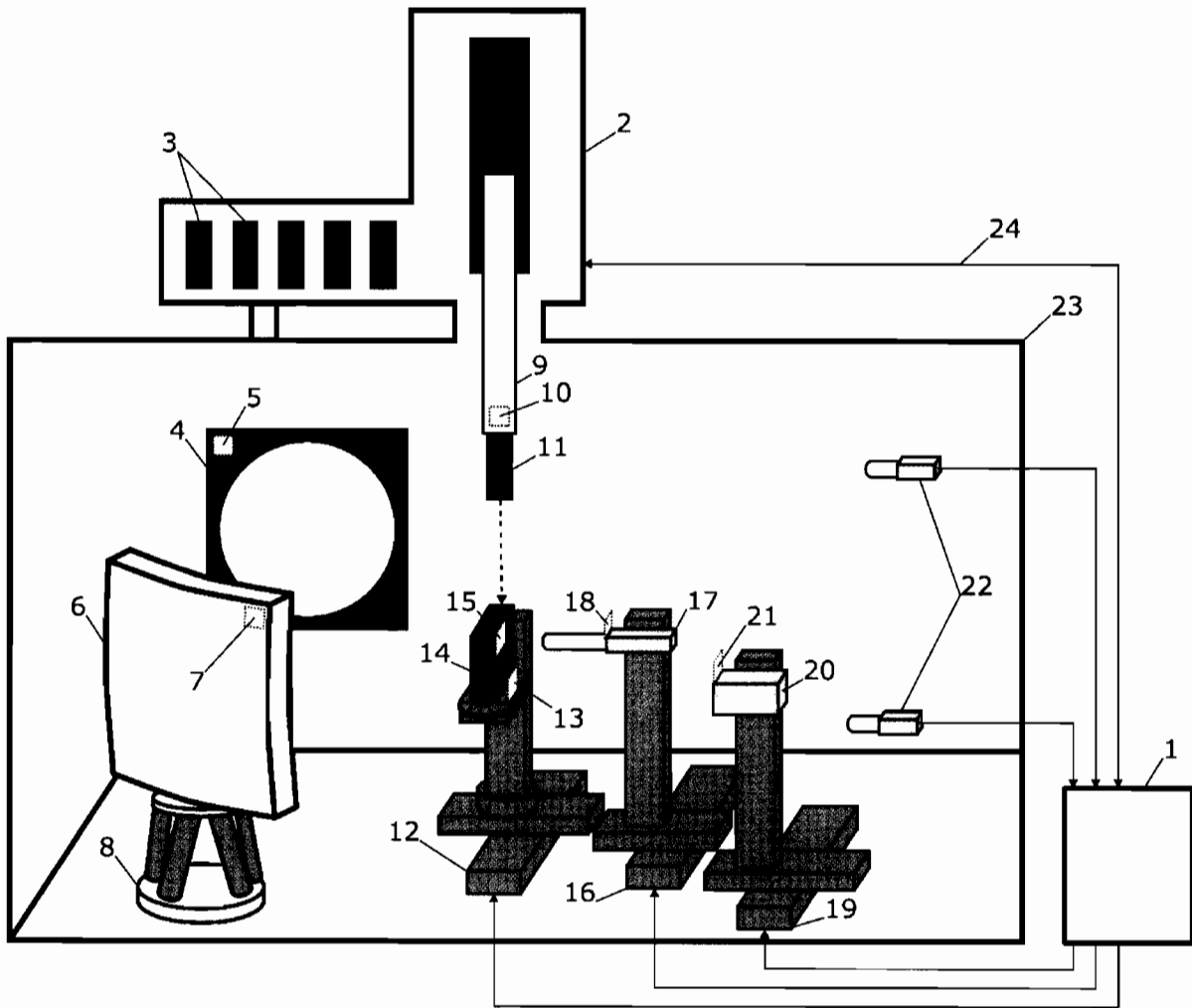


Figura 3

~~Secret de serviciu~~

3/7

Măgari Popescu

Mihail Eremianu

41

NESECRET

Secret de serviciu

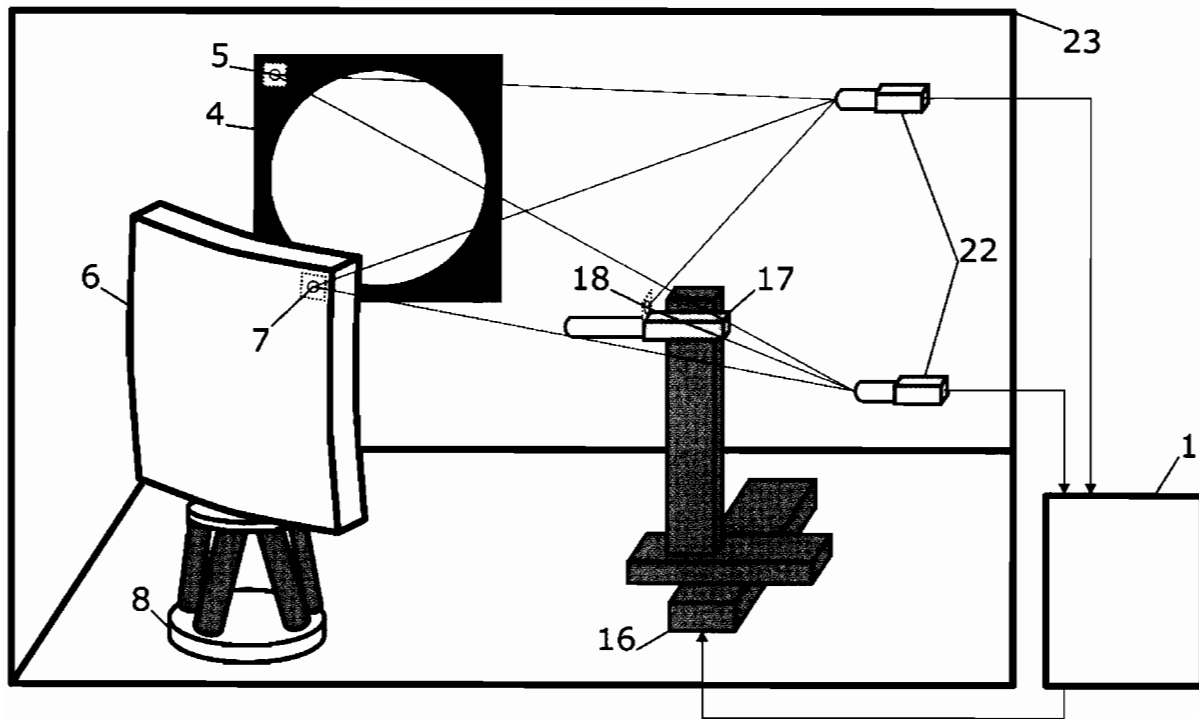


Figura 4

Secret de serviciu

4/7

Dragoș Popescu
Dragoș Popescu

Mihail Eernăianu
Mihail Eernăianu

NESECRET

40

~~Secret de serviciu~~

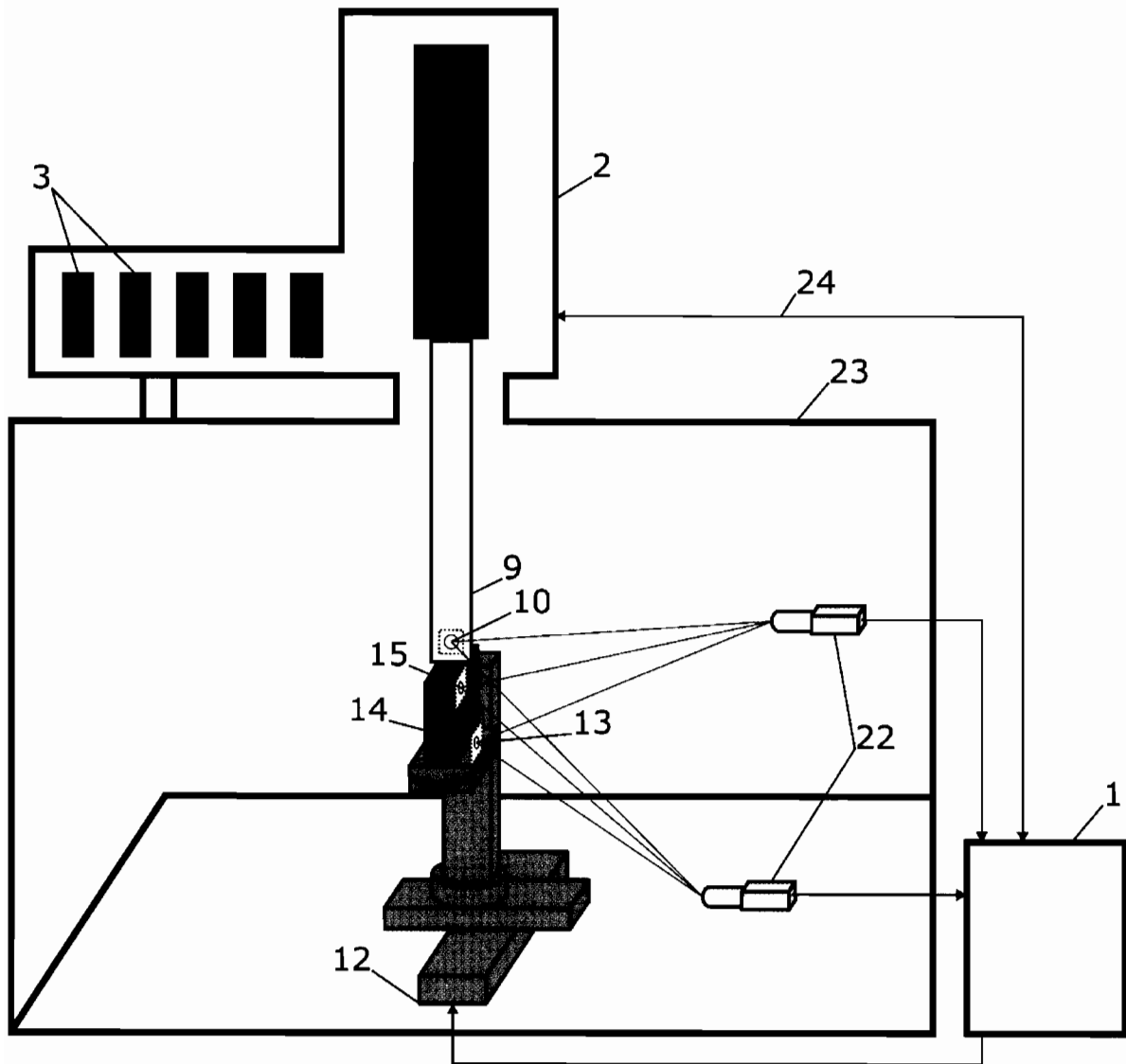


Figura 5

~~Secret de serviciu~~

5/7

Dragoș Popescu
Dragoș Popescu

Mihail Bernăianu
Mihail Bernăianu

NESECRET

~~Secret de serviciu~~

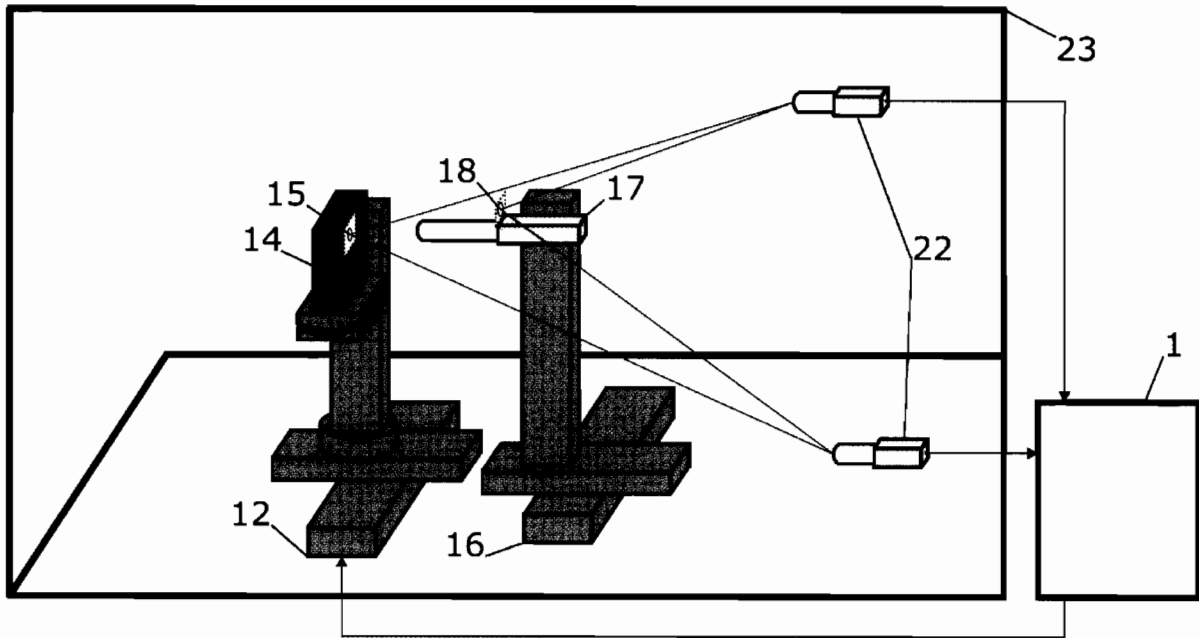


Figura 6

~~Secret de serviciu~~

6/7

Dragoș Popescu
Dragoș Popescu

Mihail Bernăscu
Mihail Bernăscu

NESECRET

~~Secret de serviciu~~

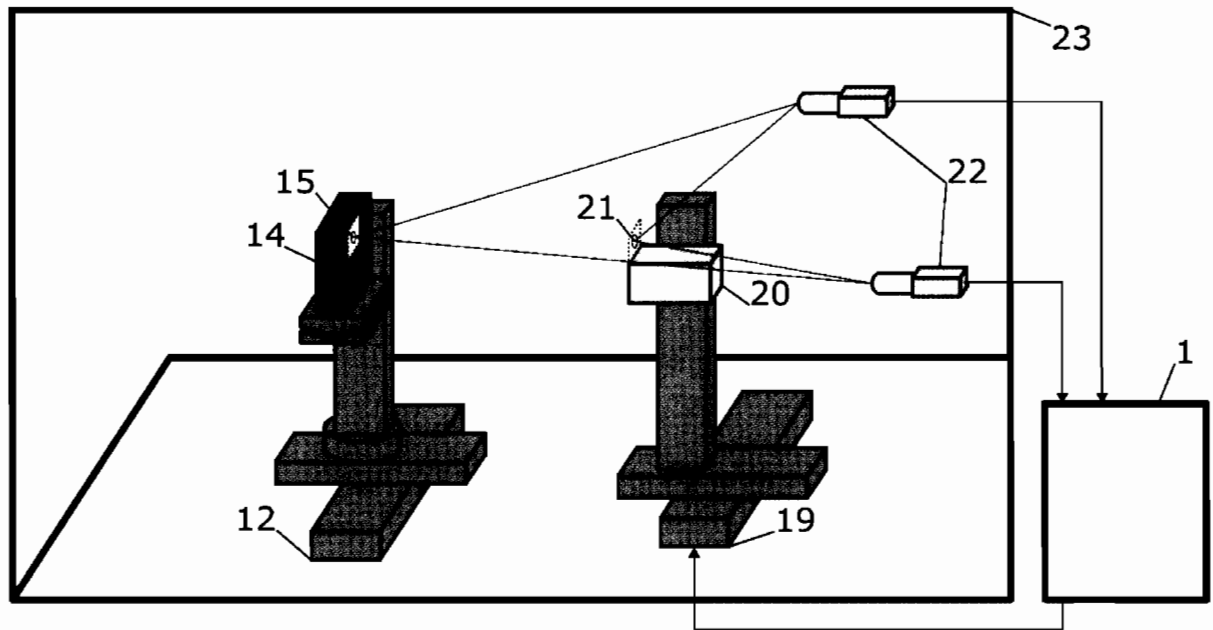


Figura 7

~~Secret de serviciu~~

~~Dragoș Popescu~~
Dragoș Popescu

~~Michael Eernican~~
Michael Eernican