

(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2014 00114**

(22) Data de depozit: **14/02/2014**

(41) Data publicării cererii:
29/01/2016 BOPI nr. 1/2016

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

(72) Inventatori:
• **URSESCU DANIEL,
STR.SOLD.ENE MODORAN NR.13,
BL.M169, SC.1, ET.2, AP.12, SECTOR 5,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **CERNAIANU MIHAIL OCTAVIAN,
STR. NICOLAE TITULESCU NR. 42,
CRAIOVA, DJ, RO;**
• **THEODOR ASAVEI, STR. CREMENEA
NR. 1, AP. 5, BACĂU, BC, RO**

(54) **SISTEM PENTRU GENERAREA POLARIZĂRII CIRCULARE
ÎN CAZUL FASCICULELOR LASER DE BANDĂ LARGĂ
FOLOSIND OGLINZI METALICE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem pentru generarea polarizării circulare, în cazul fasciculelor laser de bandă largă, cum ar fi pulsurile ultrascurte și ultraintense cu puteri de vârf de ordinul Petawattilor, care folosește oglinzi metalice, din metal sau acoperite cu metal, și la care fasciculul de ieșire este coliniar cu fasciculul de intrare. Sistemul conform invenției este constituit dintr-un cadru (4) fix, care are atașat un sistem (6) de ghidare cu bile, cu axa de rotație în jurul axei determinată de direcția de propagare a fasciculului incident, astfel încât să asigure rotirea cadrului (5), suport pentru subansamblul format din trei oglinzi, oglinda (1) frontală, oglinda (2) superioară și oglinda (3) posterioară, cu ajutorul unui ansamblu format dintr-o roată (7) dințată, cu axa de rotație în jurul axei determinate de direcția de propagare a fasciculului incident și un sistem (8) electromecanic de acționare care permite înclinarea cadrului (5), oglinda (1) frontală fiind sprijinită pe o montură (13) susținută cu ajutorul a doi piloni (12), de o parte și de alta a oglinzii, ghidată cu niște ghidaje (11) pe șină care asigură un grad de libertate prin înclinarea oglinzii cu ajutorul unui sistem (9) mecanic de acționare, oglinda (2) superioară este sprijinită pe montura (13) susținută cu ajutorul a doi piloni (12), ghidată cu niște ghidaje (11) pe șină, subansamblul astfel obținut fiind susținut de un sistem (10) mecanic care permite trans-

lația subansamblului și rotirea oglinzii tot cu ajutorul sistemului (9) electromecanic, asigurându-se în acest fel două grade de libertate pentru oglinda (2) superioară, iar pentru oglinda (3) posterioară, care permite de asemenea două grade de libertate, sistemele mecanice de acționare sunt similare cu cele ale oglinzii (2) superioare.

Revendicări: 5
Figuri: 4

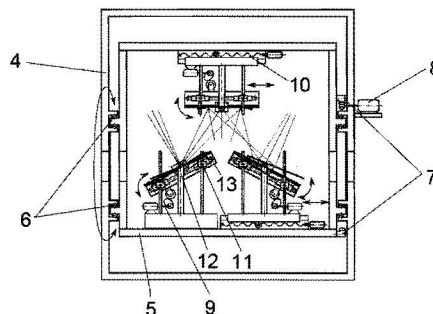
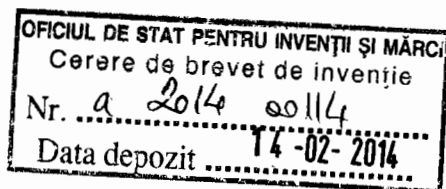


Fig. 3



7



(1)

SISTEM PENTRU GENERAREA POLARIZĂRII CIRCULARE ÎN CAZUL FASCICULELOR LASER DE BANDA LARGĂ FOLOSIND OGLINZI METALICE

(2)

Invenția se referă la un sistem pentru generarea polarizării circulare în cazul fasciculelor laser de bandă largă, cum ar fi pulsurile ultra scurte și ultra intense cu puteri de vârf de ordinul Petawattilor, care folosește oglinzi metalice (din metal sau acoperite cu metal) și la care fasciculul de ieșire este coliniar cu fasciculul de intrare.

(3)

Experimentele cu pulsuri laser ultra scurte și ultra intense necesită în anumite cazuri ca pulsurile să aibă polarizare circulară. De exemplu, în condițiile în care un puls laser ultra intens interacționează cu o folie subțire, pulsul poate accelera electronii și ionii la viteze relativiste. Distanța dintre electroni și ioni va rămâne relativ redusă și instabilitățile nu au timp să apară. Acest tip de accelerare numit „radiation pressure acceleration” are multe avantaje în comparație cu alte metode de accelerare, dar câteva condiții trebuie satisfăcute. Una din aceste condiții implică ca fasciculul laser să fie circular polarizat [10.1103/RevModPhys.85.751, Rep. Prog. Phys. 75 (2012) 056401]. În general sistemele laser folosite produc pulsuri laser liniar polarizate. Este astfel necesar un sistem pentru a transforma un fascicul liniar polarizat într-unul circular polarizat.

O metoda uzuală de a genera polarizare circulară este de a utiliza lame sfert de undă. Aceste lame se folosesc în cazul fasciculelor laser de intensitate și diametre reduse deoarece fasciculul laser trebuie să traverseze lama pentru a converti lumina liniar polarizată într-una circular polarizată și invers. Pentru fascicule laser de diametre mari (>200mm), puteri ridicate (>1PW) și bandă spectrală largă (>10nm), nu sunt cunoscute în momentul de față lame sfert de undă de calitate satisfăcătoare. Fasciculul laser în această situație necesită să fie transportat folosind doar sisteme optice în reflexie; în caz contrar există riscul ca, la propagarea prin material, pulsul laser să se distorsioneze datorită efectelor optice neliniare. Sistemele ce folosesc doar componente optice în reflexie pentru a introduce un defazaj între polarizarea de tip S și cea de tip P a unui fascicul laser reprezintă o alternativă la sistemele asemănătoare ce folosesc lame sfert de undă.

Este cunoscută metoda de a folosi o lama de mica [OPTICS EXPRESS, Vol. 19, No. 18, 17151 (2011)] care poate fi produsă cu diametru mare și grosime redusă pentru a nu afecta semnificativ calitatea fasciculului laser (frontul de undă și în consecință dimensiunea petei focale pe țintă).

Dezavantajul acestei metode este că lama introduce un defazaj care nu este ajustabil și în consecință introduce o elipticitate în polarizare (e.g. Figura 4 c) și d) din articolul citat indică elipticitate de aproximativ 84% pentru o lama sfert de undă). Mai

mult, pragul de distrugere este raportat a fi de 400 ori mai redus decât la un sistem cu oglinzi dielectrice cu întârziere de fază.

Sunt, de asemenea, cunoscute sisteme în reflexie de generare a polarizării circulare pentru fascicule laser [Review of Scientific Instruments 83, 036104 (2012); OPTICS EXPRESS, Vol. 19, No. 18, 17151 (2011); OPTICS EXPRESS, Vol. 20, No. 18, 20742 (2012)]. Sistemele prezentate folosesc oglinzi dielectrice pentru a genera defazajul între polarizările de tip S și P.

Dezavantajul acestor abordări este că nu permit ajustarea fină a gradului de polarizare, folosesc oglinzi dielectrice care necesită un procedeu complex de fabricare și controlul foarte riguros al grosimii straturilor depuse. Mai mult, oglinzile dielectrice introduc modularea spectrală a fasciculului reflectat, afectând în acest fel durata pulsului reflectat.

Este cunoscută invenția US 4312570 de creare a unei sisteme bazate pe reflexie care să genereze un defazaj de 90 grade între polarizările de tip S și P prin aplicarea unor straturi transparente pe suprafața reflectivă a unui substrat. Straturile adiacente sunt confecționate din materiale cu indici de refracție substanțial diferiți. Grosimea straturilor depuse este mai mică de un sfert de lungime de undă față de lungimea de undă a frecvenței centrale a fasciculului laser. Grosimea straturilor diferă de la un strat la altul într-un fel predeterminat pentru a controla și produce cu exactitate defazajul de 90 grade între polarizările de tip S și P.

Dezavantajul soluției de mai sus este că nu permite ajustarea fină a gradului de polarizare și necesită un procedeu de depunere cu un control foarte riguros al grosimii straturilor depuse. Polarizarea fasciculului rezultat în urma reflexiei cu ajutorul acestui sistem nu poate fi ajustată și în cazul în care se modifică frecvența centrală a fasciculului laser incident, se va modifica corespunzător și gradul de polarizare a fasciculului reflectat luat în calcul la proiectarea oglinzii, rezultând o polarizare eliptică diferită de cea circulară dorită. Sistemul respectiv are dezavantajul că fasciculul incident nu este coliniar cu fasciculul de ieșire. Pentru aceasta, este necesară existența a minim două oglinzi suplimentare, care să introducă un defazaj de 0 sau 180 grade, pentru a reflecta fasciculul coliniar, pe aceeași direcție cu cea a fasciculului incident, configurație care este întâlnită de cele mai multe ori în transportul fasciculului laser până la țintă.

Este cunoscută de asemenea invenția US 4379622A care prezintă un sistem de introducere a defazajului de bandă largă având un unghi de defazaj fix și care folosește un substrat metalic însoțit de alte straturi depuse formate din materiale dielectrice. Sistemul folosește două oglinzi în reflexie, fiecare introducând un defazaj de 45 grade între polarizările de tip S și P.

Soluția de mai sus nu permite ajustarea fină a gradului de polarizare și necesită un procedeu de depunere cu un control foarte riguros al grosimii straturilor depuse. Polarizarea fasciculului rezultat în urma reflexiei cu ajutorul acestui sistem nu poate fi



ajustata si in cazul in care se modifica frecventa centrala a fasciculului laser incident, se va modifica corespunzător si gradul de polarizare a fasciculului reflectat luat in calcul la proiectarea oglinzii, rezultând o polarizare eliptica diferita de cea circulara dorita. Sistemul respectiv are dezavantajul ca fasciculul incident nu este coliniar cu fasciculul de ieşire. Pentru aceasta, este necesara existenta a minim o oglinda suplimentara, care sa introducă un defazaj de 0 sau 180 grade, pentru a reflecta fasciculul coliniar, pe aceeaşi direcţie cu cea a fasciculului incident, configuraţie care este întâlnita de cele mai multe ori in transportul fasciculului laser pana la ţintă.

Este cunoscuta de asemenea invenţia US 4322130A care foloseşte o oglinda formata dintr-un strat metalic depus de un substrat si cel puţin un strat adiţional de material dielectric, in care prin variaţiile de index de refracţie si grosime a straturilor dielectrice se obţine o diferenţă de faza intre polarizările de tip S si P ale componentei reflectate. Invenţia se refera la producerea unui defazaj diferit de 180 grade intre componentele S si P ale fasciculului laser incident.

Invenţia de mai sus prezinta aceleaşi dezavantaje prezentate anterior, deoarece foloseşte oglinzi dielectrice care necesita un procedeu complex de fabricare, intr-o configuraţie care nu permite ajustarea fina a gradului de polarizare a fasciculului reflectat.

(4)

Problema tehnica, pe care o rezolva invenţia, consta in realizarea unui sistem care generează polarizarea circulara a unui fascicul laser de banda larga si care permite ajustarea fina a polarizării prin modificarea unghiului de incidenta a trei oglinzi metalice, păstrând coliniara direcţia fasciculului de la ieşirea sistemului cu direcţia fasciculului incident.

(5)

Sistemul de generare a polarizării circulare, conform invenţiei, elimina dezavantajele de mai sus prin aceea ca:

- oglinda metalica are banda larga de reflectivitate, in comparaţie cu oglinzile dielectrice, si in acest fel este potrivita pentru pulsuri ultrascurte de banda larga.

- oglinda metalica poate fi produsa cu dimensiuni mari, procesul de fabricaţie a oglinzii este mai simplu fata de oglinzile dielectrice deoarece oglinda metalica nu necesita un control riguros al grosimii stratului metalic depus, pe când oglinzile dielectrice necesita controlul grosimii straturilor depuse cu precizie de ordinul nm.

- oglinzile metalice nu introduc modulaţie spectrala a fasciculului reflectat si in consecinţă nu alterează semnificativ durata pulsului, spre deosebire de oglinzile cu straturi multiple.

Urmas
ata

-cu ajutorul sistemului cu oglinzi metalice se poate ajusta fin elipticitatea fasciculului eliptic polarizat pana la obținerea unei polarizări circulare sau, in cazul in care experimentul o cere, obținerea unei polarizări ușor diferita de polarizarea circulara.

- in cazul in care lungimea de unda a fasciculului laser variaza, se poate ajusta fin cu ajutorul sistemului propus elipticitatea fasciculului eliptic polarizat pana la obținerea unei polarizări circulare.

- oglinzile metalice in cazul detectării unor alterări sau defecte pe suprafața stratului metalic, se pot re-acoperi cu metal printr-o procedura mai simpla decât in cazul oglinzilor cu dielectric deoarece oglinda metalica nu necesita un control riguros al grosimii stratului metalic depus, pe când oglinzile dielectrice necesita controlul grosimii staturilor depuse cu precizie de ordinul nm.

- pragul de distrugere pentru oglinzile metalice, ca cele de argint si de aur este ridicat fata de lamele sfert de unda in transmisie ajungând la 400 mJ/cm² la argint si la 200 mJ/cm² la aur in timp ce pentru cuarț si mica pragul de distrugere e sub ordinul miliJoule per cm² [OPTICS EXPRESS, Vol. 19, No. 18, 17151 (2011)].

(6)

Sistemul de generare a polarizării circulare conform invenției prezinta următoarele avantaje:

- asigura ajustarea fina a elipticității fasciculului eliptic polarizat pana la obținerea unei polarizări circulare sau, in cazul in care experimentul o cere, se poate obține o polarizare ușor diferita de polarizarea circulara.
- asigura obținerea fasciculului circular polarizat prin folosirea de oglinzi metalice care pot fi produse cu dimensiuni mari (peste 0.5m) si calitate corespunzătoare.
- asigura reglarea raportului intre componentele de polarizare de tip S si P prin rotirea solidara a întreg sistemului de oglinzi in jurul axei determinata de direcția de propagare a fasciculului incident.
- asigura un cost redus cu mentenanța prin aceea ca in cazul defectării suprafeței stratului metalic a oglinzilor, acestea se pot re-acoperi cu metal printr-o procedura mai simpla decât in cazul oglinzilor cu dielectric.
- asigura posibilitatea de ajustare a fasciculului eliptic polarizat pana la obținerea unei polarizări circulare in cazul in care lungimea de unda a fasciculului variaza.
- asigura versatilitatea unui aranjament experimental deoarece sistemul are proprietatea ca fasciculul de intrare este coliniar cu fasciculul de ieșire, in

acest fel fasciculul de ieșire având aceeași poziție și direcție în prezența și în absența sistemului de generare a polarizării circulare.

(7)

Se da, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătura cu fig. 1..4, care reprezintă:

- fig. 1, rezultatele simulării în mediul Optica 3 reprezentând vederea 3D laterală a sistemului cu trei oglinzi plane, cu acoperire metalică, propus, în care fasciculul reflectat este coliniar cu fasciculul incident și în care defazajul între polarizările de tip S și P este de 90 grade.
- fig. 2, schema de principiu, cu trei oglinzi plane, cu acoperire metalică, propus, care exemplifică posibilitatea ajustării sistemului cu cinci grade de libertate (trei rotații și două translații).
- fig. 3, Exemplificare de schema pentru ansamblul mecanic, cinci grade de libertate, reprezentare laterală
- fig. 4, Exemplificare de schema pentru ansamblul mecanic, cinci grade de libertate, reprezentare frontală

(8)

Sistemul de generare a polarizării circulare, conform invenției, este alcătuit din trei oglinzi metalice, plane, cu acoperire metalică de argint, aur, aluminiu sau un alt metal cu reflectivitate ridicată la lungime de undă corespunzătoare fasciculului de lumină utilizat (e.g. fascicul laser la 815nm). Sistemul are proprietatea că fasciculul de intrare este coliniar cu fasciculul de ieșire, în acest fel fasciculul de ieșire având aceeași poziție și direcție în prezența și în absența sistemului de generare a polarizării circulare, așa cum este ilustrat în figura 1.

În cazul unei surse polarizată liniar, direcția de polarizare și direcția de propagare determină un plan, numit mai departe planul polarizării.

Cele trei oglinzi au același plan de reflexie, numit mai departe planul de reflexie. Ele pot fi rotite solidar în jurul axei determinată de direcția de propagare a fasciculului incident.

Prin rotirea solidară a celor trei oglinzi în jurul axei de propagare a fasciculului incident, se transformă polarizarea fasciculului incident care este de tip S sau P în polarizare cu două componente, de tip S și de tip P. Acestea ajung defazate la ieșirea din sistem cu aproximativ $\pi/2$, corespunzând polarizării circulare.

Prin rotirea in jurul unei axe perpendiculara pe planul de reflexie a fiecăreia dintre oglinzi si prin translatarea lor corespunzătoare, se poate regla fin defazajul intre componentele S si P si păstra in același timp condiția de coliniaritate a fasciculului incident si cel de ieșire din sistem, ca in figura 2.

Un exemplu particular al sistemului de generare a polarizării circulare, conform invenției, este alcătuit dintr-un cadru, 4, fix care are atașat un sistem de ghidare circular, 6, cu bile, cu axa de rotație in jurul axei determinata de direcția de propagare a fasciculului incident, astfel încât sa asigure rotirea cadrului, 5, suport pentru subansamblul format din 3 oglinzi, oglinda frontala, 1, oglinda superioara, 2, oglinda posterioara, 3, cu ajutorul unui ansamblu format dintr-o roata dințată, 7, cu axa de rotație in jurul axei determinata de direcția de propagare a fasciculului incident si un sistem electro-mecanic de acționare, 8, care permite inclinarea cadrului 5 (Fig. 3, 4).

Oglinda frontala, 1, este sprijinita pe o montura, 13, susținută cu ajutorul a doi piloni, 12, de o parte si de alta a oglinzii, ghidata cu ajutorul unor ghidaje pe șină, 11, care asigura un grad de libertate prin inclinarea oglinzii cu ajutorul unui sistem electro-mecanic de acționare, 9.

Oglinda superioara, 2, este sprijinita pe o montura tip 13, susținută cu ajutorul a doi piloni, tip 12, ghidata cu ajutorul unor ghidaje pe șină, tip 11, subansamblul astfel alcătuit este susținut de un sistem mecanic, 10, care permite translația subansamblului si rotirea oglinzii cu ajutorul unui sistem electro-mecanic de acționare, tip 9, asigurându-se in acest fel doua grade de libertate pentru oglinda superioara.

Oglinda posterioara, 3, permite doua grade de libertate, sistemele mecanice de acționare fiind similare sistemului pentru oglinda superioara, 2.

In cazul pulsurilor laser ultra scurte si ultra intense, acestea au nevoie sa se propage in vid pentru a nu suferi distorsiuni si ca urmare sistemele electro-mecanice descrise anterior necesita a fi compatibile cu vidul. In acest caz, cadrul de sprijin, 4, este plasat intr-o incinta de vid necesara pentru a transporta fasciculele laser de ultra – înaltă intensitate.

REVENDICARI

1. Sistem de generare a polarizării circulare dintr-un fascicul laser polarizat liniar folosind doar optica in reflexie, **caracterizat prin aceea ca** pentru a asigura obținerea fascicului laser circular polarizat folosește oglinzi metalice si prezinta urmatoarele caracteristici:

- este alcătuit din minim trei oglinzi metalice, plane, cu acoperire metalica de argint, aur, aluminiu sau un alt metal cu reflectivitate ridicata la lungime de unda corespunzătoare fascicului de lumina utilizat (e.g. fascicul laser la 815nm)
- oglinzile au dimensiuni ce pot atinge valori mari, de ordinul metrului patrat sau mai mult.
- configuratia oglinzilor este realizata in asa fel incat fasciculul de intrare este coliniar cu fasciculul de ieșire, in acest fel fasciculul de ieșire având aceeași axa si direcție de propagare in prezenta si in absenta sistemului de generare a polarizării circulare, așa cum este exemplificat in figura 1.

2. Sistem de generare a polarizării circulare dintr-un fascicul laser polarizat liniar folosind doar optica in reflexie ca in revendicarea 1, **caracterizat prin aceea ca** pentru a asigura obținerea fascicului laser circular polarizat folosește:

- un numar de trei oglinzi metalice cu același plan de reflexie ce pot fi rotite solidar in jurul axei determinata de direcția de propagare a fascicului incident.

3. Sistem de generare a polarizării circulare dintr-un fascicul laser polarizat liniar folosind doar optica in reflexie ca in revendicarea 2, **caracterizat prin aceea ca** pentru a asigura obținerea fascicului laser circular polarizat folosește:

- oglinzi ce pot avea elemente de pozitionare corespunzatoare miscarilor de translatie si rotatie care, prin rotirea in jurul unei axe perpendiculara pe planul de reflexie a fiecăreia dintre oglinzi si prin translatarea lor corespunzătoare, pot regla fin defazajul intre componentele S si P ale polarizarii si păstra in același timp condiția de coliniaritate a fascicului incident si cel de ieșire din sistem, asa cum este exemplificat in figura 2.

4. Sistem de generare a polarizării circulare dintr-un fascicul laser polarizat liniar folosind doar optica in reflexie ca in revendicarea 3, **caracterizat prin aceea ca** pentru a asigura obținerea fascicului laser circular polarizat folosește:

- un cadru, ca de exemplu, 4, fix care are atașat un sistem de ghidare circular ca de exemplu, 6, cu axa de rotație in jurul axei determinata de direcția de propagare a fascicului incident, astfel încât sa asigure rotirea unui cadru, ca de exemplu, 5, suport pentru subansamblul format din trei oglinzi, oglinda frontala, 1, oglinda superioara, 2, oglinda posterioara, 3, cu ajutorul unui ansamblu ca de exemplu format dintr-o roata dințată 7, cu axa de rotație in jurul axei determinata de direcția de propagare a fascicului incident si un sistem electro-mecanic de acționare ca de exemplu 8, care permite inclinarea cadrului 5 (Fig. 3, 4).

- o oglinda frontala, 1, care este sprijinita pe o montura, ca de exemplu 13, susținută cu ajutorul a doi piloni ca de exemplu 12, de o parte si de alta a oglinzii, ghidata cu ajutorul unor ghidaje pe șină, ca de exemplu 11, care asigura un grad de libertate prin inclinarea oglinzii cu ajutorul unui sistem electro-mecanic de acționare ca de exemplu 9.

- o oglinda superioara, 2, care este sprijinita pe o montura ca de exemplu 13, susținută cu ajutorul a doi piloni, ca de exemplu 12, ghidata cu ajutorul unor ghidaje pe șină, ca de exemplu 11, subansamblul astfel alcătuit este susținut de un sistem mecanic, ca de exemplu 10, care permite translația subansamblului si rotirea oglinzii cu ajutorul unui sistem electro-mecanic de acționare, ca de exemplu 9, asigurându-se in acest fel doua grade de libertate pentru oglinda superioara.

- o oglinda posterioara, 3, ce permite doua grade de libertate, sistemele mecanice de acționare fiind similare sistemului pentru oglinda superioara, 2.

5. Sistem de generare a polarizării circulare dintr-un fascicul laser polarizat liniar folosind doar optica in reflexie ca in revendicarea 1, **caracterizat prin aceea ca** pentru a asigura obținerea fasciculului laser circular polarizat de ultra- inalta intensitate folosește:

- oglinzi si toate subansamblele mecanice si electrice compatibile cu vidul.

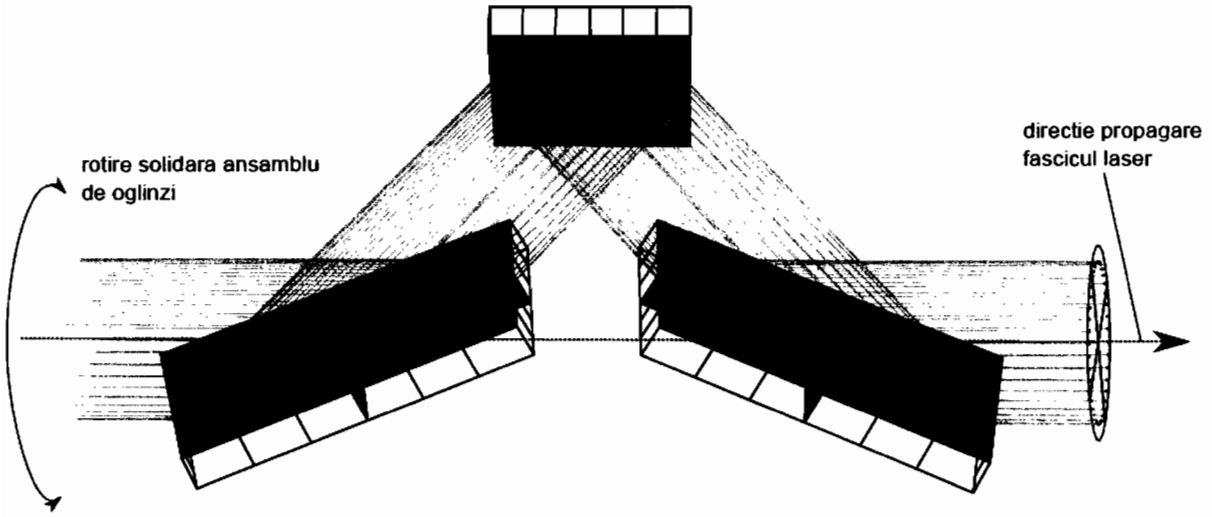


Figura 1

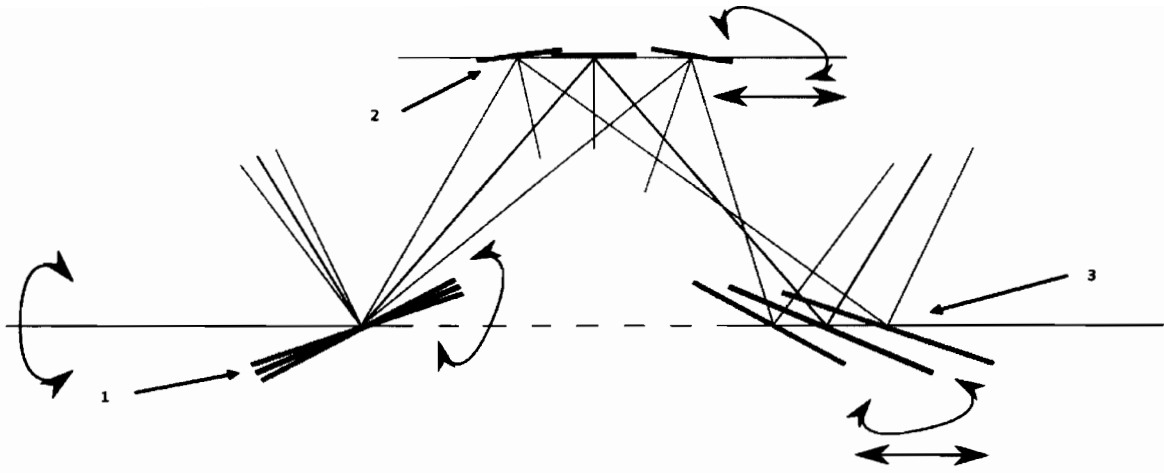


Figura 2

Handwritten signature or initials.

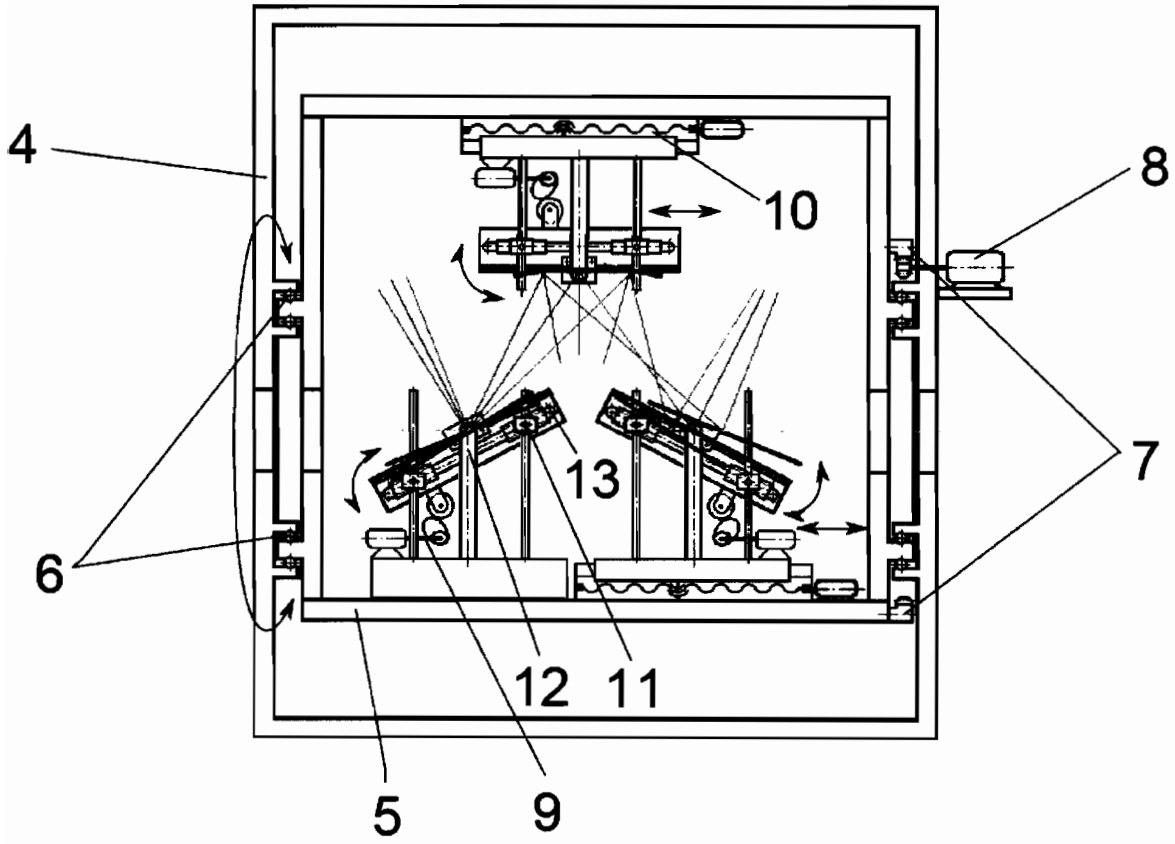


Figura 3

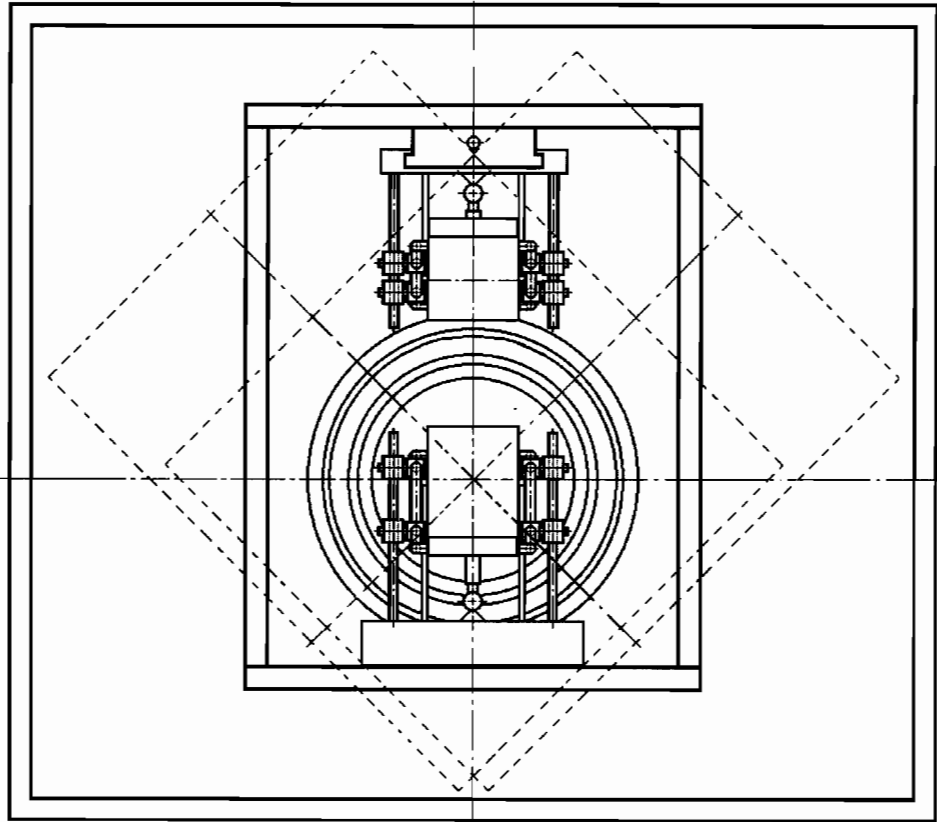


Figura 4

Handwritten signature