



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2008 00371

(22) Data de depozit: 21.05.2008

(41) Data publicării cererii:
30.05.2011 BOPI nr. 5/2011

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
MICROTEHNOLOGIE,
STR. EROU IANCU NICOLAE NR.32B,
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• MOAGĂR-POLADIAN GABRIEL,
ALEEA FUIORULUI NR.6, BL.Y3A, SC.1,
ET.6, AP.27, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO

(54) PROCEDEU ȘI SISTEM DE MĂSURĂ A DEPLASĂRILOR
FOARTE MICI FOLOSIND REFLEXIA INTERNĂ TOTALĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu și la un sistem de măsură a deplasărilor foarte mici, folosind reflexia internă totală. Procedeu conform invenției constă în trecerea de două sau mai multe ori a unui fascicul de lumină monocromatic în zona în care se află obiectul a cărui deplasare dorim să o măsurăm, această trecere se face prin intermediul unui sistem optic care realizează separarea fascicului în două fascicule, dintre care unul va fi preluat de un fotodetector, iar cel de-al doilea va fi reflectat către o prismă, unde are loc fenomenul de reflexie internă totală, către o oglindă, de unde fasciculul este reflectat din nou și se întoarce pe aceleași drum, fiind în final preluat de un alt fotodetector, distanța dintre obiect și suprafața de reflexie totală a prisme fiind dată de raportul celor două semnale date de cei doi fotodetectori. Sistemul de măsură, conform invenției, este alcătuit dintr-o sursă (2) de lumină monocromatică, un separator de fascicule (6), două fotodetectoare (7 și 10), o oglindă (12) semi-transparentă, o prismă optică (3) având o suprafață de reflexie internă totală, o altă oglindă (4) și un sistem (8) de prelucrare și de afișare a datelor.

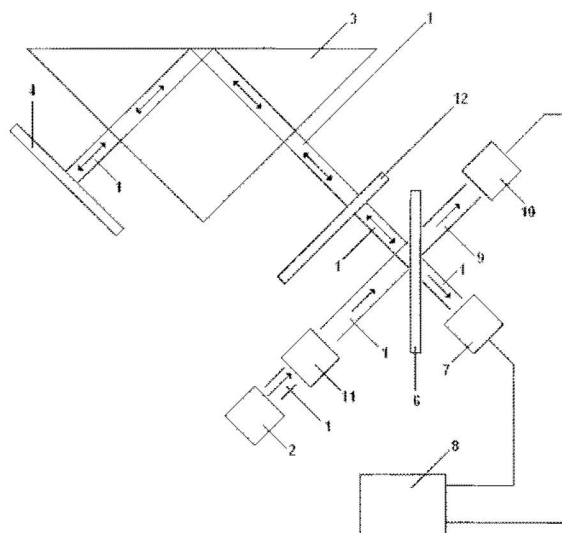


Fig. 1

Revendicări: 4
Figuri: 5

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).



28

**PROCEDEU ȘI SISTEM DE MĂSURĂ A DEPLASĂRILOR FOARTE MICI FOLOSIND
REFLEXIA INTERNĂ TOTALĂ**

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE	
Nr. 2008 00371	
Data depuneri 21 MAI 2008	

Invenția se referă la un procedeu și un sistem de determinare a deplasărilor foarte mici folosind o variantă îmbunătățită a metodei reflexiei interne totale frustrate.

Este cunoscut un procedeu de determinare a deplasărilor foarte mici folosind reflexia internă totală frustrată care constă în trimiterea unui fascicol de lumină către suprafața de separare a două medii, din mediul mai dens spre mediul mai puțin dens, la un unghi de incidență mai mare decât unghiul limită de reflexie internă totală. Fascicolul reflectat, a cărui intensitate depinde exponențial de distanța dintre suprafața de separare a celor două medii și obiectul a cărui poziție dorim să o măsurăm, obiect care se află în imediata vecinătate a suprafeței (adică la o distanță de maximum 1 micron), este detectat de către un fotodetector care indică intensitatea reflectată. Din valoarea acesteia se obține distanța obiectului față de suprafață.

Este cunoscut un sistem de determinare a deplasărilor foarte mici folosind reflexia internă totală frustrată care constă dintr-o prismă optică de formă triunghiulară, fascicolul emis de către sursă intrând în prismă și suferind o reflexie internă totală pe una dintre fețe, după care fascicolul reflectat iese din prismă și este detectat de către un fotodetector. Intensitatea fascicolului reflectat depinde de distanța dintre fața pe care are loc reflexia internă totală și obiectul a cărui distanță dorim să o măsurăm.

Dezavantajele procedurii de determinare a deplasărilor folosind reflexia internă totală frustrată sunt:

- o sensibilitate relativ mică față de deplasare pentru cazul în care obiectul se află foarte aproape de suprafață.

Dezavantajele sistemului de determinare a deplasărilor foarte mici folosind reflexia internă totală sunt:

- o sensibilitate relativ mică față de deplasările pentru cazul în care obiectul se află foarte aproape de suprafață.

Problema pe care o rezolvă invenția constă în faptul că sporește sensibilitatea procedurii, ceea ce duce la determinarea cu mai mare precizie a distanței dintre obiect și suprafața de reflexie internă totală atunci când obiectul se află la distanțe foarte mici față de suprafața respectivă.

Soluția propusă, conform invenției, elimină dezavantajele de mai sus prin aceea că întoarce fascicolul reflectat înapoi, la 180° , spre suprafața de reflexie internă totală, în acest fel scăderea de intensitate fiind mai pronunțată decât în cazul unei singure

111

treceți, întoarcerea către zona de reflexie internă totală efectuându-se de mai multe ori. O deplasare mai mică a obiectului a cărui distanță o măsurăm va produce o variație mai mare a coeficientului total de reflexie decât în cazul în care este folosită o singură trecere.

Avantajele procedurii și sistemului de măsură a deplasărilor foarte mici folosind reflexia internă totală sunt:

- oferă o sensibilitate mai mare decât situația în care fascicolul de lumină trece o singură dată pe la suprafața de reflexie internă totală.

Dăm în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile 1..5, care reprezintă:

- figura 1: montajul folosit în cazul cu reflexie pe oglinda 4
- figura 2: montajul folosit în cazul cu reflexie pe fața de ieșire a prisme
- figura 3: graficul variației intensității semnalului optic în cazul celor trei metode
- figura 4: graficul sensibilității pentru cele trei metode
- figura 5: detaliu referitor la graficul sensibilității pentru cele trei metode, în cazul deplasărilor foarte mici

Procedura, conform invenției, constă în trecerea de două sau de mai multe ori, după caz, a fascicolului 1 de citire a deplasării, fascicol 1 care suferă reflexia internă totală, în zona în care se află obiectul a cărui distanță dorim să o măsurăm. Fascicolul 1 este emis de către sursa de lumină 2 și trimis spre prisma 3 optică. Obiectul este situat în imediata vecinătate a suprafeței prisme 3, deasupra zonei în care fascicolul 1 suferă reflexia internă totală. Fascicolul 1 de lumină este monocromatic, poate fi coerent, parțial coerent sau necoerent, domeniul său spectral fiind cuprins în intervalul 200 nm – 6 μm, de preferință între 200 nm – 1 μm. Fascicolul 1 este paralel la intrarea în prisma 3 optică. Sursa 2 poate fi orice sursă de lumină în sine cunoscută care poate emite un fascicol de lumină având caracteristicile fascicolului 1. După ce fascicolul de lumină iese din prisma 3 optică, întâlnește o oglindă 4 care îl reflectă înapoi, fascicolul 1 având

incidență normală, adică la 90^0 , pe oglinda 4. De asemenea, rolul oglinzii 4 poate fi jucat de prisma 3 optică, caz în care fața de ieșire a fascicolului 1 este depusă cu un strat 5 reflector, atât oglinda 4 cât și stratul 5 putând fi metalice sau de tip dielectric sau de tip oglindă dielectric multistrat. Oglinda 4, respectiv stratul 5 reflector, au un coeficient de reflexie cuprins între 1 % și 99,99 %. Fascicolul 1 suferă o nouă reflexie internă totală pe suprafața corespunzătoare a prisme 3, în același punct de contact ca și înainte, după care iese prin aceeași față și pe aceeași direcție ca cea pe care a intrat. După ieșirea din prisma 3 optică, fascicolul 1 întâlnește beam-splitter-ul 6, și apoi este transmis către fotodetectorul 7. Semnalul dat de fotodetectorul 7 și preluat de către sistemul 8 de prelucrare și afișare electronică este proporțional cu intensitatea fascicolului 1. De asemenea, fascicolul 9 de lumină, având aceleași caracteristici cu fascicolul 1 și emis de către sursa 2 dar separat de fascicolul 1 prin intermediul beam-splitter-ului 6, joacă rol de fascicol de referință și este incident pe fotodetectorul 10 care dă semnal către sistemul 8 de prelucrare electronică și afișare. Făcând raportul celor două semnale date de către cei doi fotodetectori se obține coeficientul de reflexie la reflexia internă totală frustrată și, din aceasta, distanța dintre obiect și suprafața de reflexie internă totală. În prealabil, fotodetectorii și sistemul 8 au fost calibrați în absența obiectului a cărui distanță dorim să o măsurăm, raportul semnalelor date de cei doi fotodetectori fiind considerat ca valoare de referință. Această valoare poate fi definită, formal și în principiu, ca fiind egală cu 1. Dacă sursa 2 nu oferă un fascicol 1 paralel, atunci se folosește un sistem optic 11 care preia fascicolul 1 emis de sursa 2 și îl transformă în fascicol paralel.

În altă situație, în care se dorește obținerea unei sensibilități și mai mari, este utilizată o oglindă semitransparentă 12, a cărei reflectivitate este cuprinsă între 1 % și 99 %. În acest caz, o parte din fascicolul 1 este scos către fotodetectorul 7 iar o parte se întoarce înapoi către zona de reflexie internă totală frustrată. Fascicolul 1 este incident

perpendicular pe suprafața oglinzii 12. În acest fel, fascicolul 1 este plimbat de mai multe ori prin zona de reflexie internă totală frustrată, de fiecare dată cedând o parte din energia sa. Sensibilitatea sa crește în acest fel, așa cum se observă din grafice.

În continuare prezentăm ecuațiile matematice care descriu intensitatea luminoasă incidentă pe fotodetectorul 7 pentru cazul unei singure treceri, a două treceri și, respectiv, al mai multor treceri, precum și comparația teoretică dintre aceste metode. Considerăm că lucrăm cu fascicole necoerente, astfel că nu apar efecte de interferență datorate suprapunerii între fascicolele incidente și cele reflectate.

Fie I_0 intensitatea incidentă. Neglijăm efectul beam-splitter-ului, acest efect fiind același atât pentru trecerea dublă cât și pentru trecerea multiplă. Fie R_1 reflectivitatea oglinzii 12 și R_2 reflectivitatea oglinzii 4 sau, după caz, a stratului 5 reflector. Fie f fracțiunea din energie care este preluată de la fascicolul 1 atunci când suferă reflexia internă totală frustrată pe suprafața de reflexie a prismei 3. f este dat de expresia:

$$f = \exp\left(-\frac{4\pi}{\lambda} \sqrt{\sin^2(\theta) - \sin^2(\theta_c)} * d\right)$$

unde θ este unghiul de incidență al fascicolului 1 pe suprafața de reflexie a prismei 3, θ_c este unghiul critic de reflexie internă totală, λ este lungimea de undă a fascicolului 1 iar d este distanța dintre suprafața de reflexie internă totală a prismei 3 și obiectul a cărui distanță dorim să o măsurăm.

I_0 reprezintă intensitatea inițială a fascicolului 1 atunci când urmează să sufere prima reflexie internă totală frustrată pe prisma 3.

Valoarea intensității I_1 a fascicolului 1, pentru o singură trecere, pe fotodioda 7 este:

$$I_1 = I_0 * (1 - f)$$

Valoarea intensității I_2 a fascicolului 1, pentru trecere dublă, pe fotodioda 7 este:

$$I_2 = I_0 * R_2 * (1 - f)^2$$

Valoarea intensității I a fascicolului 1, pentru trecere multiplă, pe fotodiada 7 este:

$$I = I_0 * (1 - R_1) * R_2 * (1 - f)^2 * \frac{1}{1 - R_1 * R_2 * (1 - f)^2}$$

Dacă d₀ este distanța inițială dintre suprafața de reflexie a prisme 3 și obiectul a cărui poziție dorim să o măsurăm iar x este distanța pe care acesta se deplasează spre suprafața de reflexie sau în partea opusă acesteia, atunci d este dat de expresia:

$$d = d_0 - x$$

Definim sensibilitatea S a determinării deplasării x prin ecuația:

$$S = \left| \frac{1}{I_0} * \left(\frac{dI_7}{dx} \right) \right|$$

unde I₇ este egal, după caz, cu I₁, I₂ sau I din expresiile de mai sus. Sensibilitatea se poate defini și ca derivata în raport cu d, totuși am ales forma de mai sus deoarece în cele mai multe situații este necesar să determinăm deplasarea obiectului respectiv, adică tocmai distanța x. Ne referim la deplasarea pe o direcție perpendiculară pe suprafața de reflexie a prisme 3. Conform definiției de mai sus, sensibilitatea este o mărime pozitivă întotdeauna, indiferent de semnul derivatei în raport cu x. Dependența sensibilității de valoarea deplasării, pentru cele trei tipuri de citire, respectiv cu o singură trecere, cu trecere dublă și, respectiv, cu trecere multiplă, este prezentată în figura 4, iar în figura 5 este arătată dependența respectivă pentru valori mici ale deplasării x. Valorile considerate sunt: λ = 400 nm, θ = 75°, θ_c = 30°, d₀ = 400 nm, R₁ = 50 %, R₂ = 99,99 %.

Sistemul de măsură folosește procedeul menționat anterior și cuprinde elementele fizice descrise mai sus.

Dăm în continuare un exemplu de realizare a invenției. Astfel, prisma 3 este făcută din sticlă cu indice de refracție egal cu 1,65 și este sub formă de triunghi isoscel cu unghiurile bazei egale cu 45°. Reflexia internă are loc pe latura corespunzătoare bazei triunghiului. Fascicolul 1, cu o lungime de undă de 400 nm emis de sursa 2 care

este un LED, și cu o putere de 1 W întâlnește oglinda 4 care este alcătuită dintr-un strat metalic de Aur depus pe substrat de sticlă, reflexia având loc pe suprafața metalică. Într-o altă variantă, pe prisma 3 se depune direct stratul 5 de Aur, astfel încât fascicolul 1 să fie reflectat de acesta după ce a suferit prima reflexie internă totală frustrată. Fascicolul 1 este deviat, după a doua reflexie internă totală frustrată și după ce iese din prisma 3, de către beam-splitterul 6 care este făcut din sticlă cu un coeficient de reflexie de 50 % și trimis către fotodioda 7 din Siliciu. Fotodetectorul 10 este o fotodiodă de Siliciu. Sistemul optic 11 este format dintr-un ansamblu de două lentile care preiau fascicolul emis de către sursa 2, care are o divergență de 15° , și îl transformă într-un fascicol paralel. Oglinda 12 este formată dintr-o bucată paralelipedică de sticlă al cărei coeficient de reflexie este de 50 %.

Revendicări

1. Procedeu de măsură a deplasărilor foarte mici folosind reflexia internă totală conform invenției, caracterizat prin aceea că fascicolul (1) care suferă reflexia internă totală pe suprafața corespunzătoare de reflexie a prismei (3) este trecut de două sau, după caz, de mai multe ori prin zona în care suferă reflexia internă totală frustrată, trecerile multiple fiind asigurate de schimbarea cu 180° a direcției fascicolului (1) care iese din prisma (3) după prima reflexie, schimbare de direcție realizată cu ajutorul unei oglinzi (4) exterioare sau al unui strat (5) reflector depus pe suprafața de ieșire a prismei (3), precum și, după caz, de o oglindă semitransparentă (12), fasciculele (1) și (9) de lumină fiind monocromatice, putând fi coerente, parțial coerente sau necoerente, domeniul lor spectral fiind cuprins în intervalul $200 \text{ nm} - 6 \mu\text{m}$, de preferință între $200 \text{ nm} - 1 \mu\text{m}$, fascicolul (1) fiind fascicolul de citire a deplasării iar fascicolul (9) fiind fascicolul de referință, obiectul a cărui deplasare dorim să o măsurăm fiind situat în imediata vecinătate a suprafeței de reflexie a prismei (3) deasupra locului în care fascicolul (1) suferă reflexia internă totală frustrată.

2. Procedeu de măsură a deplasărilor foarte mici folosind reflexia internă totală conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că sursa (2) de lumină emite o radiație monocromatică, care poate fi coerentă, parțial coerentă sau necoerentă, domeniul său spectral fiind cuprins în intervalul $200 \text{ nm} - 6 \mu\text{m}$, de preferință între $200 \text{ nm} - 1 \mu\text{m}$.

3. Sistem de măsură a deplasărilor foarte mici folosind reflexia internă totală conform invenției, caracterizat prin aceea că aplică procedeul conform revendicării 1, având în componența sa sursa (2) a fasciculelor (1) și, respectiv, (9), prisma (3) pe care are loc reflexia internă totală, oglinda (4) sau, după caz, stratul (5) reflector depus pe suprafața de ieșire a prismei (3), beam-splitter-ul (6), fotodiodele (7) și, respectiv, (10), sistemul (8) de prelucrare și afișare electronică, precum și sistemul (11) optic care preia fascicolul emis de sursa (2) și îl transformă în fascicol paralel.

4. Sistem de măsură a deplasărilor foarte mici folosind reflexia internă totală conform revendicării 3, caracterizat prin aceea că oglinda (4), oglinda (12) și, respectiv, stratul (5) reflector pot fi de tip metalic, de tip dielectric sau de tip dielectric multistrat, coeficientul de reflexie al oglinzii (4) și al stratului (5) reflector fiind cuprins între 1 % și 99,99 %, respectiv în cazul oglinzii (12) între 1 % și 99 %.

Figura 1

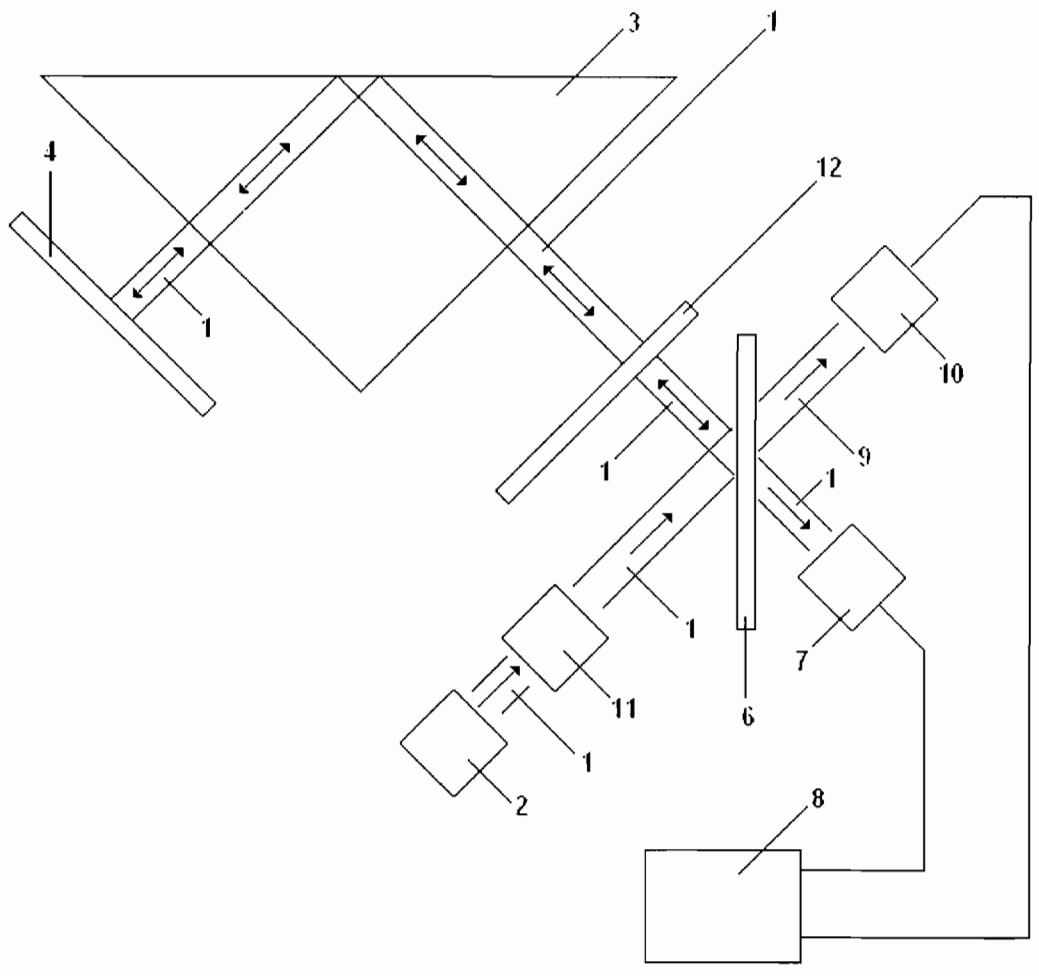


Figura 2

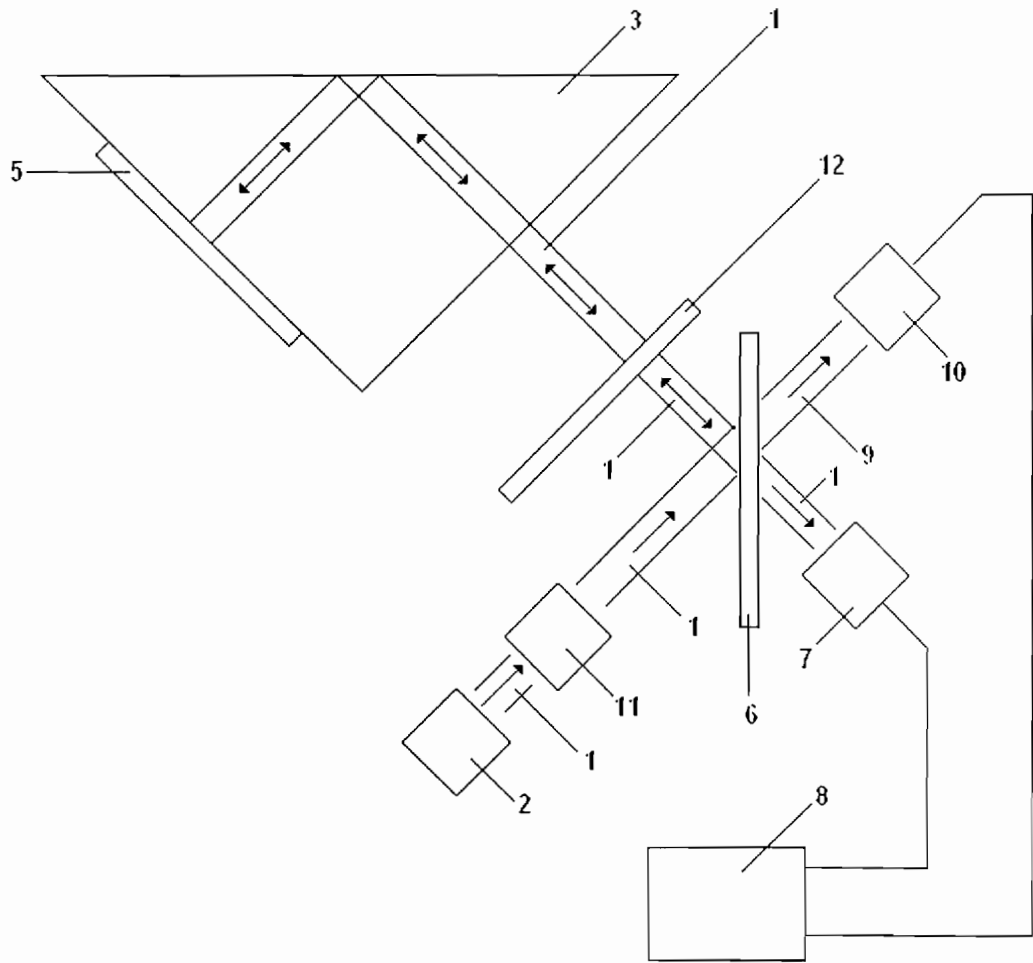


Figura 3

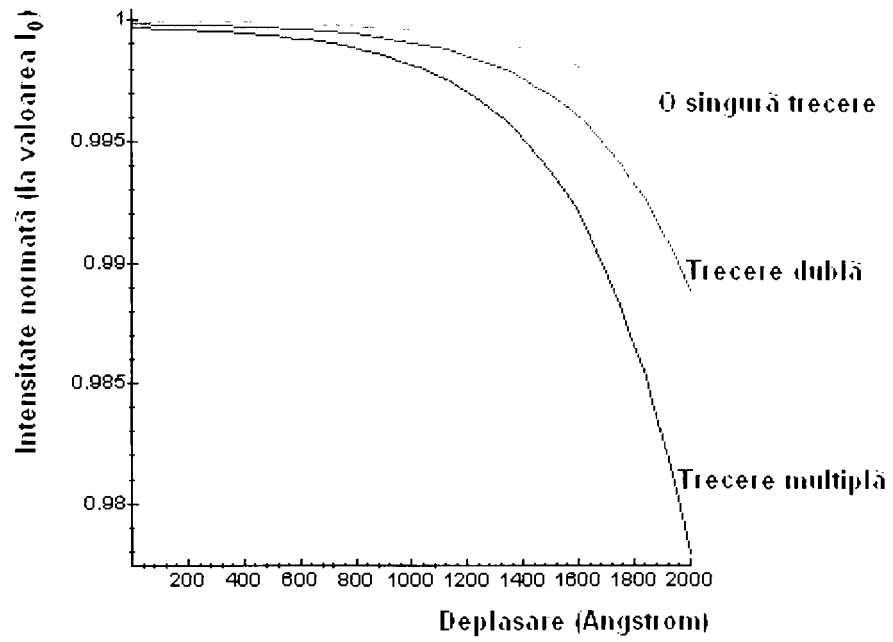


Figura 4

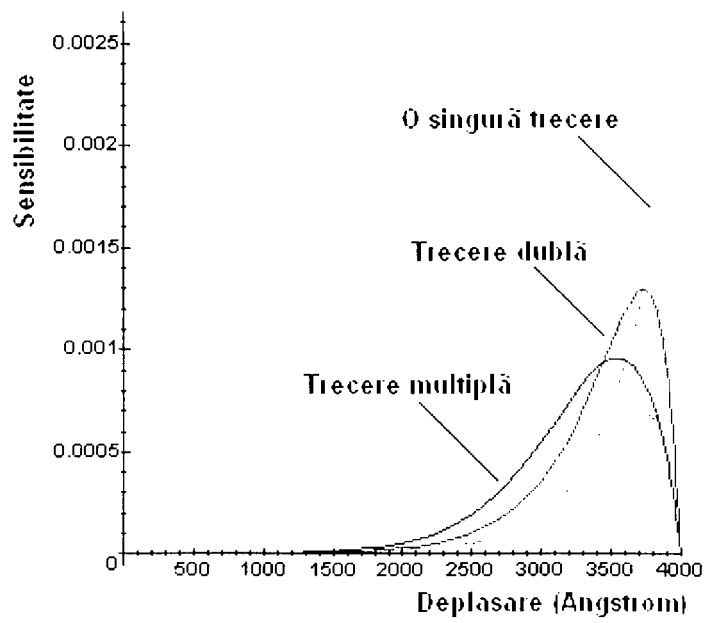


Figura 5

