

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2012 00963

(22) Data de depozit: 06.12.2012

(41) Data publicării cererii:
30.06.2014 BOPI nr. 6/2014

(71) Solicitant:
• SITEX 45 SRL, BD. GHICA TEI NR. 114,
BL. 40, AP. 2, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B,
RO

(72) Inventatori:
• ULIERU DUMITRU, BD.GHICA TEI
NR.114, BL.40, AP.2, SECTOR 2,
BUCUREȘTI, B, RO;

• ULIERU ELENA, BD.GHICA TEI NR.114,
BL.40, AP.2, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B,
RO;
• ULIERU OANA MARIA, BD.GHICA TEI
NR.114, BL.40, AP.2, SECTOR 2,
BUCUREȘTI, B, RO;
• ULIERU GABRIEL, STR.BRAȘOVENI
NR.6, BL.15, AP.7, SECTOR 2,
BUCUREȘTI, B, RO

(54) SENZOR OPTOELECTRONIC INTEGRAT PENTRU
MĂSURAREA DIMENSIONALĂ A DEPLASĂRILOR
UNGHILARE ȘI LINIARE 1D/2D

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un senzor optoelectronic pentru măsurarea dimensională a deplasărilor unghiulare și liniare. Senzorul se bazează pe transformata Fourier a radiației luminoase care produce o configurație speckle la suprafața unei piese de măsurat, configurație generată de un fascicul laser care iluminează suprafața piesei de măsurat, distribuția unghiulară a amprentei speckle fiind configurată cartografic pe suprafața unui senzor de imagine plasat în planul Fourier. Senzorul este alcătuit dintr-un modul optic ce asigură proiectarea unui fascicul colimat, generat de o sursă laser care luminează suprafața de măsurare prin intermediul unor lentile de imagine, o apertură și o cameră CMOS, toate într-o configurație telecentrică, și un modul electronic ce conține elemente electronice care includ un procesor digital de semnal și elemente hardware pentru comunicațiile dintre un subsansamblu de citire și un PC.

Revendicări: 5
Figuri: 8

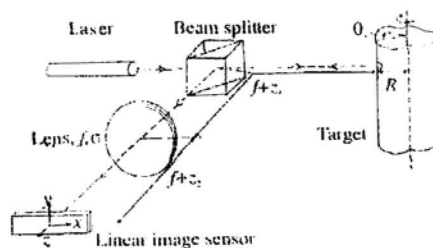
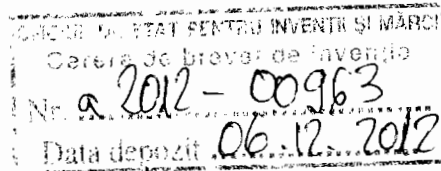


Fig. 2





DESCRIEREA INVENȚIEI

a) Titlul invenției

Senzor optoelectronic integrat pentru măsurarea dimensională a deplasărilor unghiulare și liniare 1D/2D .

b) Domeniul de aplicare a invenției

Invenția se referă la un *Senzor optoelectronic integrat pentru măsurarea dimensională a deplasărilor unghiulare și liniare 1D/2D*, produs și metoda universale pentru efectuarea măsurătorilor de precizie a deplasărilor unghiulare și liniare pe una sau două dimensiuni amplitudine și direcția deplasării unghiulare într-un produs unic integrat. pentru aplicații multiple pentru instrumentație de măsură metrologică și industrială

c) Prezentarea stadiului actual al tehnicii mondiale în domeniul obiectului invenției,

Este cunoscut un sistem care proiectează o configurație *fringe* pe suprafața unui obiect și schimbarea de fază dintre două fascicule de radiație luminoasă, una incidentă care generează un efect scattering la nivelul suprafeței măsurandului ceea ce evidențiază deplasarea suprafeței măsurate în raport cu poziția sa inițială considerată ca referință. Produsul și metoda realizată permite obținerea unei rezoluții de mare acuratețe de valori mai mari de 1,0 mdeg.

Este cunoscut un al doilea sistem care iluminează suprafața de măsurat (măsurandul) cu o radiație laser cu fascicul colimat iar translația configurației speckle la distanța datorită rotației obiectului. În acest caz a fost confirmată o rezoluție de 2 mdeg. Orice deplasare de translație a arborelui va da naștere unei deplasări a configurației speckle care nu este evidențiată de deplasarea unghiulară măsurată. Ambele sisteme însă au dezavantajul că este necesară cunoașterea razei de rotație a zonei suprafeței măsurate. Alte dezavantaje pe care sistemele cunoscute descrise le evidențiază sunt prezentate în continuare. Dezavantajul primului sistem constă în necesitatea asigurării unui anumit domeniu al lungimii măsurate, în timp ce al doilea necesită informații exacte despre distanța la care se află măsurandul. Metoda de măsură se bazează pe diferența dintre detecția fascicului post difracție și radiația incidentă și necesitatea includerii unor informații despre poziționarea reperelor de referință pe suprafața măsurandului care

consta intr-o placheta de siliciu amplasata pe echipamentul de aliniere-expunere fotolitografica . Dezavantajul acestei metode este dependenta de o lungime de unda stabila si de grosimea unei plachete. Alte dezavantaje sunt generate de necesitatea unei referinte codate sau de aplicarea unor referinte pe suprafata masurandului. Ambele solutii au insa dezavantajul major ca necesita un contact direct cu obiectul de masurat (masurand).

Este cunoscut un sistem optic non contact avand instrumentatia si metoda de masura denumita generic Radar Conventional Doppler. Diferenta de baza dintre masurarea deplasarii unghiulare prin senzorul optoelectronic integrat pe baza de efect speckle care face obiectul prezentei cereri de brevet de inventie se bazeaza pe detectia autodina fata de principiul metodei de radar Doppler conventional bazat pe detectia heterodina.

In cazul detectiei autodina semnalul rezulta din interferenta radiatiei luminoase rezultata ca efect scattering generata de diferite regiuni ale obiectului masurand iar radarul Doppler corespunde configuratiei speckle care este trecuta prin detector.

In cazul detectiei heterodina semnalul rezultat corespunde interferentei radiatiei luminoase rezultate de la intregul obiect si un oscilator local in timp ce pentru semnalul Doppler semnalul este generat in primul rand de deplasarea relativa dintre platforma input/output si obiectul de masurat.

Pentru heterodina Doppler dezavantajul fundamental consta in lipsa stabilitatii frecventei laser pentru distante mari de propagare in timp ce autodina este mult mai putin sensibila la parametrii optici ai receptorului si la stabilitatea frecventei radiatiei laser. In acelasi timp sursa de zgomot ca de exemplu zgomotul de fond, si curentul de intineric sunt de valori reduse comparativ cu nivelul semnalului generat. (L. E. Drain, "The Laser Doppler Technique", Chap. 3, John Wiley & Sons, New York (1980), (J. A. Smith and C. P. Burger, "Injection locked lasers as surface displacement sensors", in Review of Progress in Quantative Nondestructive Evaluation, D. O. Thomson and D. E. Chimenti, Eds. 14 A, 1127-1134, Plenum Press, New York (1995))

Este cunoscut un aparat RLE10 care este un sistem interferometric cu fascicul laser cu transmisie prin fibra optica integrata in capul detector, care reduce extrem de mult costurile de integrare, durata de instalare si spatiul necesar montajului. RLE10 este destinat producatorilor de piese de inalta precizie si asigura atat un semnal digital pana

la o rezolutie inferioara a 10 nm, cat si o iesire analogica de 1 Vv-v, care poate fi interpolata extern pana la nivelul nanometrilor. Sistemul poate fi livrat cu o liniaritate la iesire de maxim +/-5 nm. RLE10 este un sistem interferometric cu fascicul laser prin fibra optica integrata in capul detector, care reduce extrem de mult costurile de integrare, durata de instalare si spatiul necesar montajului. RLE10 este destinat masurarilor statice in principal din productia de piese de inalta precizie si asigura atat un semnal digital pana la o rezolutie de minim 25 nm, cat si o iesire analogica de 1 Vv-v, care poate fi interpolata extern pana la nivelul nanometrilor. Sistemul poate asigura o liniaritate la iesire maxim +/-15 nm.

Dezavantajele sistemului constau in aceea ca necesita precautii deosebite de montaj si exploatare datorita transmisiei pe suport din fibra optica deosebit de sensibil la socuri si vibratii dar si la erori de manipulare sau conditii grele de exploatare inerente in mediu industrial care pot genera defectiuni catastrofale.

Resolutia semnalului analog de iesire este dependent de calitatea suprafetei optice a masurandului dar si de sistemul de axe de referinta luat in considerare.

Viteza maxima de operare este limitata de largimea de banda a semnalelor analogice de intrare.(L.Cristea, E. Ionescu, C.Olteanu : „Automate de control in industrie”; Edit. Didactica si Pedagogica, Bucuresti, 1998.)

Daca pentru sistemele cunoscute prezentate mai sus sunt evidentiate o gama larga de dezavantaje care le limiteaza domeniul de aplicatii trebuie sa remarcam ca inventia pe care o propunem prezinta foarte multe avantaje si o diversitate deosebit de mare de domenii de aplicatie .

Inventia este recomandata pentru masurarea deplasarii unghiulare dar si liniare atat pentru obiecte cu forma simpla dar si de forma complicata ceea ce confirma avantajul deosebit al inventiei. Din acelasi punct de vedere inventia poate fi aplicata atat pentru obiecte individuale dar si pentru obiecte multiple cu miscarea de rotatie la diferite valori ale ratei de deplasare si indiferent de forma obiectului de masurat.

Luand in considerare dinamica configuratiei speckle produsa de obiecte in miscare de rotatie (masurand) care sunt iluminate simultan, iar configuratia speckle rezultata evidentiaza ca fiecare valoare a miscarii de rotatie corespunde unei componente a

translatiei generata pe configuratia speckle rezultanta, in conditiile in care configuratia fiecarui masurand este adaugata in mod coerent.

Experimentele pe care le-am realizat pentru obiecte de masurat cu forme complicate au evedentiat aceleasi rezultate ca si pentru obiectele de forma cilindrica si anume ca translatia configuratiei speckle este proportionala cu miscarea de rotatie cu singura diferenta legata numai de dimensiunea configuratiei speckle rezultanta a valorilor de varf corelate. Din rezultatele obtinute putem concluda ca masurarea miscarii de rotatie pe baza inventiei poate fi in mod egal masurata atat pentru obiecte de forma cilindrica cat si pentru obiectele de forma complicata.

Prin inventia prezentata este eliminat si un alt dezavantaj major al solutiilor existente in ceea ce priveste limitarea domeniului dimensional masurabil pentru fiecare dintre sistemele cunoscute dar si caracterul individualizat pe specificul fiecarui masurand ceea ce necesita existenta unei game deosebit de mari si diverse de sisteme de masura cu aplicabilitate dedicata numai unui tip de determinare dimensionala.

Trebuie mentionat si faptul ca fata de sistemele cunoscute care sunt specializate realizarii unui singur tip de masuratori respectiv liniare sau unghiulare, inventia asigura un caracter multiplu al aplicatiilor metrologice posibile de realizat pentru o gama larga de diferite masuratori,

Conceptul inovativ al inventiei pentru un sistem non contact permite o mare libertate de miscare a sistemului conceput in raport cu piesa de masurat prin eliminarea unuia din dezavantajele majore ale sistemelor existente care necesita contactul direct cu suprafata masurandului sau realizarea unor repere de referinta pe suprafata acestora care constituie si un impediment major pentru utilizarea lor pe scara larga in industrie.

Prin sistemul non contact inventia este aplicabila pentru toate tipurile de piese atat de forma simpla cu axa de simetrie dar si pentru piese cu forme complexe sau suprafete planare.

d) Precizarea scopului inventiei

Scopul invenției este de a realiza un produs și metoda de precizie pentru măsurarea deplasării unghiulare și liniare 1D/2D pentru obiecte de formă circulară și de formă complicată care nu impun obligatoriu o axă de simetrie sau de revoluție.

Un alt obiectiv al invenției este realizarea unei metode cu aplicabilitate multiplă pentru măsurarea deplasărilor atât pentru piese cilindrice dar și cu suprafețe plane.

Un alt obiectiv al invenției este de a realiza un produs și metoda a cărei precizie să fie independentă de distanța față de suprafața obiectului de măsurat și de calitatea suprafeței din punct de vedere al finisării suprafeței și respectiv al răspunsului optic.

Un alt obiectiv al invenției îl constituie aportul pe care aplicarea invenției îl poate aduce pentru creșterea fiabilității și siguranței în funcționare a echipamentelor cu organe în mișcare de rotație pentru a căror investigare nu este obligatoriu contactul cu piesa în mișcare.

Un alt obiectiv este realizarea unui produs și metoda de măsură multifuncțională cu aplicabilitate largă de la măsurarea a deplasării obiectelor individuale sau multiple la măsurări de obiecte de formă și ansambluri complexe ca de exemplu deplasarea meselor de precizie, măsurarea poziționării elementelor instrumentației metrologice, caracterizarea dimensională și a deformațiilor în regim dinamic ale suprafețelor, torsiune, alungire, compresie, sau abaterilor de formă ortogonalitate, planitate. Invenția asigură posibilitatea de efectuare a unor măsurări absolute pentru determinarea acurateții de poziționare, repetabilitate a măsurărilor asupra unui măsurand.

Un alt obiectiv al invenției este realizarea unui instrument de măsură și metoda de precizie pentru măsurări fără contact cu piesa, care constau nu doar în mărirea gamei tipurilor de piese ce pot fi măsurate dimensional, dar și într-o creștere a preciziei de măsurare. Posibilitatea măsurării fără a avea contact cu piesa elimină inconvenientul de a putea măsura doar piese nedeformabile cum ar fi: din metal, plastic, lemn etc. Măsurarea dimensională fără contact permite și controlul dimensional al pieselor de diferite forme și materiale nedeformabile (metal, lemn, plastic, sticlă etc.) sau deformabile: cauciuc, hartie, carton, plastic.

Expunerea invenției

- Prezentarea soluției tehnice

Cand radiatia coerenta devine incidenta pe o suprafata rugoasa cu variatii ale suprafetei de natura rugozitatii pe suprafata ale carei protuberante sunt de același ordin de marime sau chiar puțin peste valoarea lungimii de unda a luminii, atunci radiatia luminoasa este imprastiata in toate directiile. Aceste unde imprastiate interfereaza si formeaza o configuratie de interferenta compusa din spoturi de culoare neagra si albe, care sunt distribuite aleatoriu pe suprafata masurandului sub forma unor „amprente” complet diferite Aceasta configuratie este denumita configuratie *speckle*

Configuratia speckle poate fi formata ori prin propagare in spatiu liber sau de la un sistem de imagistica O lentila sferica cu distanta focala f colecteaza lumina generata de o sursa de lumina coerenta care este difuzata spectral de suprafata masurandului. Lumina colectata este proiectata pe suprafata unui senzor de imagine uni sau bidimensional ideal pentru plasare in planul Fourier al lentilei sferice.

Daca senzorul de imagine este plasat in planul Fourier(exemplu in domeniul indepartat) fata de masurand, deplasarea unghiulara a masurandului este transformata in deplasare liniara in planul senzorului de imagine

Conceptul nostru consta in realizarea unui sistem de masurare inovativ non contact specific pentru inregistrarea unei configuratii speckle in planul Fourier inainte si dupa efectuarea deplasarii unghiulare Orice deplasare transversala sau longitudinala a masurandului este de asteptat sa determine o decorelare partial speckle care va contribui la realizarea unui efect de translatie speckle cuantificabil in valoarea deplasarii echivalente.

Problema pe care o rezolvă invenția este de a realiza un senzor optoelectronic integrat pentru masurarea dimensionala a deplasarilor unghiulare si liniare 1D/2D, destinat unei produs si metode universale de precizie pentru efectuarea masuratorilor deplasarilor unghiulare si liniare pe una sau doua directii, functiuni integrate intr-un produs unic dar cu aplicatii multiple.

Senzorul optoelectronic integrat opereaza pe baza procesarii configuratiilor speckle rezultate al proiectarii unui fascicul colimat laser pe o suprafata de masurare cu rugozitate optica Imaginile configuratiilor speckle rezultante sunt achizitionate printr-un

sistem optic si respectiv un senzor CMOS., prelucrate prin modulul electronic pentru procesarea computationally a pozitiei.

Modulul optic asigura proiectarea unui fascicul colimat generat de o sursa laser care lumineaza suprafata de masurare prin intermediul unor lentile de imagine.apertura si o camera CMOS toate intr-o configuratie telecentrica.

Modulul electronic A separat de modulul optic B contine elementelor electronice.care includ un Procesor digital de semnal (DSP) pentru corelarea computationally si elementelor hardware pentru comunicatiile dintre subansamblul de citire si PC.

Senzorul de masura rezolva in mod corespunzator problema tehnica a efectuarii masuratorilor de precizie metrologica fara a fi influentat de calitatea suprafetei masurandului,si nici de distanta de pozitionare fata de suprafata masurata .

Senzorul de masura raspunde in mod deosebit cerintei tehnice de masurare de mare precizie independent de forma obiectului de masurat .

Senzorul de masura raspunde si cerintei tehnice de face posibila masurarea simutana a mai multor obiecte de masurat in miscare dar si masura deplasarii in puncte diferite ale aceluia masurand.

Sistemul de masura de precizie raspunde problemei tehnice pentru masurarea unor masuranduri de forma complexa,cu forme simetrice, de revolutie sau planara.

Sistemul de masura poate realiza o gama diversa de masuratori deplasare unghiular,liniara dar si de deformari ale obiectului masurat ca de exemplu flambare,torsiune a arborilor mecanici,dilatate sau.compresie

- **Solutia tehnica din care** rezulte conceptul inovativ unic al inventiei. este prezentat mai jos

Implementarea unei metode noi pentru masurarea fara contact al deplasarii unghiulare si liniare 1d/2D al unui obiect individual de forma regulata sau obiecte multiple de forma regulata , arbitrara si/sau complexa

Dezvoltarea unui sistem sensibil cu focalizare specifica bazata pe inregistrarea configuratiei amprentei speckle in planul Fourier inainte si dupa deplasarea unghiulara sau liniara..

Conceptul inovativ permite măsurarea deplasării unghiulare și liniare a unui măsurand individual și /sau simultan a mai multor piese de formă identică sau de formă diferită.

Elementul de noutate fundamental constă în concepția inovativă a invenției pe baza implementării efectului speckle generat de o radiație incidentă la suprafața măsurandului ce asigură funcționalitatea non contact al sistemului optoelectronic integrat pentru măsurări multiple în condiții de precizie deosebită

f) Prezentarea avantajelor rezultate din aplicarea invenției

Invenția prezintă următoarele avantaje majore ale tehnicii de măsurare optoelectronică a efectului speckle sunt următoarele:

- metoda de măsurare pentru domeniu complet, cu acuratețea de valoarea lungimii de undă a radiației luminoase incidente..
- Nu este limitată la un singur punct ca pentru un sensor prin contact
- Este foarte bine aplicabilă pentru măsurare asistată computerizată deoarece informația este achiziționată, procesată și evaluată electronic.
- Sensibilitatea este mult mai înaltă decât pentru o placă holografică și acesta permite utilizarea unor timpuri de expunere mai mari decât timpurile uzuale din holografia clasică.
- Cerințele de izolare pentru eliminarea vibrațiilor sunt mai puțin limitative decât pentru sistemele existente uzual.
- Operația de măsurare este o operație în timp real. Corelațiile fringes pot fi afișate pe un monitor fără procesare fotografică sau plăci de relocare.
- Mediul de înregistrare utilizat și rezoluția mediului de înregistrare utilizat nu necesită comparația cu cele cerute pentru holografia tradițională.
- Nu depinde de distanța față de măsurand și nici de forma obiectului de măsurat.
- Avantajele unei măsurări fără contact cu piesa, constau nu doar în mărirea gamei tipurilor de piese ce pot fi măsurate dimensional, dar și într-o creștere a preciziei de măsurare și în implementarea unor tehnici de măsurare de la distanță wireless
- Posibilitatea măsurării fără a avea contact cu piesa elimină inconvenientul de a putea măsura doar piese nedeformabile cum ar fi: din metal, plastic, lemn etc.

- Masurarea dimensională fără contact permite și controlul dimensional al pieselor de diferite forme și confecționate atât din material nedeformabil (metal, lemn, plastic, sticlă etc.) cât și a celor deformabile: cauciuc, hartie, carton, plastic.
- Utilizarea senzorului pe baza de efect speckle are avantajul că nu necesită o scară de calibrare și este multifuncțional pentru orice măsurând indiferent de rugozitatea suprafeței iluminată de radiația optică.

g) Prezentarea unui exemplu de realizare/aplicare a invenției

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției.

Senzorul laser speckle se bazează pe efectul laser speckle care constituie o metodă rapidă și precisă de a genera o configurație precisă a suprafeței. Metoda utilizează o rază luminoasă coerentă pentru a ilumina o suprafață de metal a unui obiect de exemplu un arbore mecanic, care produce o imagine unică „amprentă” a microstructurii metalografice a suprafeței măsurate. Colectarea acestei imagini de către un sistem de imagistică cu un senzor de imagine permit captarea acestor configurații și procesarea lor pe baza unui algoritm de procesare imagine, care detectează în final deplasarea suprafeței măsurate din deplasarea imaginilor succesive ale suprafeței. Această metodă se constituie în final ca o instrumentație de măsură bazată pe acest concept inovativ și va transmite informația precisă asupra poziției obiectului informație necesară pentru utilizare în determinarea controlului în timp real al deplasării și valorii cuantificabile cu înaltă precizie a acesteia.

Senzorul operează prin proiecția unui fascicul laser colimat pe suprafața de măsurat care nu necesită prelucrări de calitate superioară a rugozității suprafeței măsurate. Imaginile rezultante ale configurației speckle sunt achiziționate printr-un sistem optic și un senzor de imagine CMOS. În condițiile deplasării suprafeței măsurate și respectiv a configurațiilor speckle specifice sunt numeric corelate cu imaginea inițială de referință pentru a determina direcția și / sau amplitudinea de deplasare în planul suprafeței măsurate.

Măsurarea unidimensională a deplasării unghiulare (1D) este independentă de lungimea de undă a sursei de lumină utilizată în multe procese industriale pentru a realiza o condiție de calibrare independentă de lungimea de undă a sursei laser

independent de raza deplasarii unghiulare unidimensional (1D) sau bidimensional (2D) a obiectului si independent de forma suprafetei.

Pe de alta parte este evidentiata orice translatie perpendiculara pe axa optica a obiectului intre inregistrarea a doua configuratii "speckle" care rezulta in general din decorarea imaginii speckle dar care nu afecteaza determinarea deplasarii unghiulare uni sau bidimensionala. Expresia analitica a covarianței transversale a distributiei stocastice a intensitatii in planul de detectie este bazat pe metoda matricei complexe ABCD.

În legătură și cu figura 1 este prezentata schema bloc a sistemului optic integrat compusa din doua parti principale :*subsistemul optic A* un interferometru speckle cu inregistrare electronica care genereaza interferograme speckle si un *subsistem electronic B* unde corelatia fingers sunt eventual generate si analizate.

Circuitul optic al subsistemeului optic **B** include sursa de lumina coerenta, elemente optice, componentele de control ale traseului optic, si sistemul de combinare a fasciculului. Uneori este necesar si un dispozitiv de modulare de faza care este adaugat suplimentar la fasciculul de referinta.

In mod normal ca sursa de lumina optima consideram un dispozitiv laser iar fasciculul este separat in doua componente coerente. Fluxul fasciculului controleaza componentele determinand iluminarea si geometria opticii care decide magnitudinea si directia sensibilitatii.

Configuratia radiatiei optice produsa de obiect si unda de referinta care pot fi sau nu o configuratie scattering care prin trecerea fluxului combinat ca sa trnsmita configuratia scattering pe elementele sensitive ale unei video camere CCD.. Valoarea instantanee a intensitatii configuratiei scattering in fiecare punct al imaginii obiectului este integrata in interferograma resultanta. Partea electronica a sistemului evidentiaza informatia codata in interferograma. O functie elementara a sistemului este si generarea fringelor secundare de corelare si care poate fi afisata pe video monitor in timp real. O analiza

suplimentara poate fi aplicata pentru fringe secundar sau direct la iesirea videocamerei catre masurarea cantitativa .

Principiul schemei de masurare reprezentata in Figura. 2 va fi utilizat in primul rand pentru masurarea deplasarii unghiulare (1D), unde θ_y va indica deplasarea liniara a configuratiei speckle strict pe directia x.

- Dioda laser HeNe **1** cu o lungime de unda de 632,8nm si cu raza spotului rs la suprafata masurandului **2** de 0,75 mm
- Pentru realizarea transformatei Fourier vom utiliza lentile **3** cu o distanta focala de 59,9mm si un diametru al aperturii de 16mm cu un beamsplitter **4** integrat pe traseul radiatiei luminoase.
- Senzorul liniar de imagine **5** are 512 pixeli fiecare dimensiunile de 15x26 μm iar distanta dintre pixeli de 25 μm

Masurandul se monteaza pe un suport rotativ la diferite distante de lentila

Parametrul primar de interes pentru deplasarea unghiulara si deplasarea liniara este masurat de senzorul de imagine. Urmare procedurii pentru o matrice complexa ABCD elementele pentru sistemul optic reprezentat in Figura 1 pot fi calculate prin formula urmatoare

$$A = \frac{2f^2 - RZ_2 - 2Z_1Z_2}{fR} \quad (2)$$

$$B = f - \frac{Z_1Z_2}{f} \quad (3)$$

unde Z_1 si Z_2 sunt distantele de la masurand si respectiv de la senzorul de imagine la planurile lor Fourier aferente. din Figura 1. Rotatia masurandului cu unghiul θ_y , dupa achizitionarea masurarii de referinta introduce o deplasare liniara in directia x pe senzorul de imagine. Cross corelarea semnalului current cu semnalul de referinta ofera o corelatie de varf centrata la p_{x_0} determinata prin ecuatie (1)

$$p_{x_0} = AR\theta_y = 2\theta_y \left(f - \frac{Z}{f} \left(\frac{R}{2} - Z_1 \right) \right) \quad (4)$$

Se retine ca senzorul de imagine este plasat in planul Fourier ($Z_2=0$) consideram ca deplasarea liniara in planul Fourier sa nu fie sensibila la distanta de la suprafata masurandului la axa de rotatie (pentru arbore raza de curbura R) si independent de distanta pana la masurandul Z_1 .

Pe de alta parte nici o schimbare in lungimea de unda nu vor fi afectate de localizarea varfului valoric. Daca senzorul de imagine nu este plasat in planul Fourier, o translatie liniara a masurandului Δr_x determina o translatie redusa speckle p_x in planul de detectie mai curand decat speckle boiling.

Factorul de translatie speckle α_{spec} este determinat de urmatoarea formula :

$$\alpha_{spec} = \frac{\Delta p_x}{\Delta r_x} = -\frac{Z_2}{f_2} \quad (5)$$

Aceasta ecuatie simpla asigura modalitatea directa de pozitionare al senzorului de imagine in planul Fourier

1 Masurarea unidimensionala (1D)

Masurarile unei deplasari dimensionale unghiulare pot fi realizate pe o varietate de masuranduri constituite din arbori metalici de diferite tipuri / calitati din care vor face parte si cele realizate din ote¹ inoxidabil si aluminiu cu aluminiu mat ai caror raze au tolerantele dimensionale stabilite pentru valori care varriaza de la 0.1 mm la plus si minus infinit. Pe de alta parte masurarile pot fi realizate si pe interiorul unui tub metalic sau pentru arbori tubular dar si pentru plachete de siliciu mate.

In legătură și cu figura 3 sunt prezentate rezultatele simulării a valorilor masurate fata de deplasarea unghiulara aplicata in pasi de 0.43 mdeg pentru o placheta de siliciu de 2'' (domeniul speckle complet acoperit)

in legătură și cu figura 4 sunt prezentate rezultele pentru 300mdeg si utilizarea ultimei configuratii speckle ca referinta pentru calculul urmatoarei valori pentru cross covariance respectiv deplasarea totala unghiulara de 6000 mdeg masurata in pasi de 300 mdeg cu latimea curbei Gauss a crossvariance la dreapta.

Pozitia maxima a diagramei crosscovariance atinge valoarea maxima determinata cu metoda descrisa. O valoare a deflectiei de aproximativ 500 mdeg ne va da valoarea

obtenabila pentru decorelarea speckle considerata pentru deplasarea unghiulara maxima a unui arbore cu raza 15 mm.

Deviatia standard pentru sistemul de masurare poate fi determinata prin repetarea unei masurari cu diferentele realizate de configuratiile speckle determinabile prin repetarea masurarii prin realizarea de diferite configuratii speckle ex prin utilizarea de zone diferite ale suprafetei masurandului. Prin introducerea acestor date deviatia standard obtenabila este de .3 mdeg care este in conformitate cu considerentele teoretice initiale.. O crestere a preciziei poate fi obtinuta printr-o alegere precisa a parametrilor optici ex.dimensionarea elementului elementar speckle comparativ cu dimensiunea pentru un pixel elementar. Rezolutia finala este generata de lungimea de unda si numarul de pixeli si separarea lor manuala.Raza fluxului de iluminare (bias aici considerate ca fiind colimata) care estimeaza deplasarea unghiulara.(8). Pe de alta parte este evident ca pentru o deplasare unghiulara θ_y masurarea este insensitiva la oricare pozitie din planul de rotaie (ex. rotatia asupra axei optice)

2 Masurarea bidimensionala (2D).

Pentru masurarile 2D vom utiliza același montaj care a fost reprezentat in Figura 1 dar cu inlocuirea unui senzor liniar de imagine 1D cu un senzor de imagine 2D. Senzorul de imagine 2D va avea 512 x 512 pixeli cu un interval de 11.7 μm in directia x si 8.8 μm in directia y.

In completare in ecuatiile de mai jos vom inlocui θ_y

$$\theta = \sqrt{\theta_x^2 + \theta_y^2} \text{ si } p_{x0} \text{ cu } p = \sqrt{p_{xc}^2 + p_{y0}^2}$$

Unde θ este valoarea deplasarii unghiulare totale obtinuta din masurarea deplasarii liniare p_0 al configuratiei speckle in planul Fourier .In loc de a aplica deplasarea unghiulara 2D vom inclina senzorul de imagine de aproximativ Ω cu referire la axa originala p_x si aplicat pentru deplasare liniara 1D de θ_y asupra unei axe paralela la axa y. Aceasta va evidentia ca deplasarea liniara a configuratiilor din planul Fourier are componentele in ambele axe x si y ..

Acesta este ilustrata in Figura 7 care arata ca rezultanta 2D cross covariance pentru o deplasare unghiulara pentru intervalul θ la 200 mdeg.

Pentru a verifica interdependenta evidenta a oricarei translatii a masurandului in timpul rotatiei am introdus si efectuarea unor simulari aferente acestei situatii. Astfel

configuratiile de referinta speckle sunt evaluate ambele ca deplasare unghiulara dar si o deplasare liniara (exista in directia x) unde au fost impuse pe obiectul de masurat. In legătură și cu figura 5 se arata valorile corespunzatoare determinate de translata configuratiilor speckle cu diferite deplasari liniare si unghiulare ale masurandului . La simularea deplasarii unghiulare functie de valorile deplasarii liniare pentru masurandul arbore mat din aluminiu, diagrama punctata reprezinta valorile masurate iar diagrama cu linie completa reprezinta valorile deplasarii unghiulare aplicate..

Nu este observata influenta deplasarii liniare atat timp cat aria de detectie este plasata in planul Fourier, care este in acord cu ecuatiile (5).

In legătură și cu figura 6 se arata ca in acest caz rețeaua de detectie este deplasata de planul Fourier iar scalarea depinde de distanta pana la obiectul Z_1 si distanta de la suprafata la centrul axei deplasarii unghiulare Diagrama punctata reprezinta masurarile iar liniile complete sunt trasate teoretic. Simularea diagramei valorilor masurate functie de deplasarea unghiulara aplicata pentru diferite tipuri de pozitii ale senzorilor de imagine. Masurandul este plasat in planul focal ($Z_1 = 0$). Din rezultatele simularii se constata ca nu exista nici un front de unda finit. In figura 5. este reprezentata simularea deplasarii unghiulare functie de valorile deplasarii liniare pentru masurandul arbore mat din aluminiu..Diagrama punctata reprezinta valorile masurate iar diagrama cu linie completa reprezinta valorile deplasarii unghiulare aplicate.

In figura 6. Simularea diagramei valorilor masurate functie de deplasarea unghiulara aplicata pentru diferite tipuri de pozitii ale senzorilor de imagine. Masurandul este plasat in planul focal ($Z_1 = 0$). Diagrama punctata reprezinta masurarile iar liniile complete sunt trasate teoretic. Din rezultatele simularii se constata ca nu exista nici un front de unda finit .

In legătură și cu figura 7 se arata diagrama 2D cross covariance pentru o deplasare unghiulara intre 9 of 200 mdeg. Masuratorile realizate pe un arbore de aluminiu cu o raza R de 15 mm

In legătură cu figura 8 se arata diagrama rezultata pentru simularea deplasarii unghiulare pe directiile x si y (θ_x si θ_y) pe un senzor pentru rotatie. Aceasta aplicatie nu contine masurarea valorii de varf a cross covariance cu precizia sub dimensiunea unui pixel .Localizarea valorii de varf este realizata cu un dispozitiv de palpate cu rola care

genereaza insa posibile erori la estimarea localizarii valorii de varf. Obtinerea unei pozitionari optime pentru randamentul de masurare $\theta_y = 0.77 \theta_x$ care corespunde unei inclinatii a senzorului de imagine fata de axa de referinta p_x de 52.4° . In tabelul 2 prezentam un tabel totalizator al valorilor rezultante pentru deplasarea unghiulara. In legătură și cu figura 9 se arata diagrama valorilor de masurare a deplasarii unghiulare in axele x si y. In figura 8 este reprezentata masurarea deplasarii unghiulare in axele x si y.

Experimentele suplimentare in domeniul corelarii speckle au relevat posibilitatea de a se realiza in mod curent valori ale rezolutiei pentru masurarea 1D pentru deplasare unghiulara si liniara de $0,002 \mu\text{m}$ si $0,001^\circ$ pentru o raza de 10mm si o precizie $<\pm 50 \text{nm}$ pentru o deplasare de 250mm pentru masurarea 2D.

In concluzie aplicabilitatea sistemului poate fi implementata prin extinderea in diferite combinatii ale sistemului unde este de interes masurarea de precizie a deplasariilor unghiulare si liniare. 1D//2D inventia realizeaza un instrument unic pentru eliminarea erorilor de masura induse potential de utilizarea de instrumente diferite cu diferite domenii de precizie generate de conceptul diferit de functionare dar si performantele de precizie a msuratorilor, rezolutie si acuratete desebita independent de distanta pana la obiectul de masurat ,de forma acestuia si de calitatea suprafetei masurandului si de influenta conditiilor de mediu: temperature, umiditate sau iluminare.

REVENDICARI

Senzor optoelectronic integrat pentru masurarea dimensionala a deplasarilor unghiulare si liniare 1D/2D .

Domeniul de aplicare al inventiei este pentru efectuarea masuratorilor de precizie a deplasarilor unghiulare amplitudine si directia deplasarii unghiulare si liniare pe una sau doua directii si dimensiuni printr-un produs integrat. si metoda de masura in domeniul instrumentatiei metrologice cu aplicatii multiple in industrie. Din stadiul tehnicii se cunosc unele sisteme de masura care utilizeaza principiul de generare optica de configuratii pe suprafata masurandului dar care necesita in mod obligatoriu un contact cu suprafata masurandului sau realizarea unor repere de referinta pe suprafata de masurat. De asemeni sistemele cunoscute sunt dependente de lungimea de unda a radiatiei luminoase si de dimensiunile masurandului.

Elementele solutiei pe care inventia le utilizeaza constau intr-o conceptie inovativa a pe baza implementarii efectului speckle generat de o radiatie incidenta la suprafata masurandului ce asigura functionalitatea non contact al sistemului optoelectronic integrat pentru masurari multiple pentru un masurand individual sau multiplu in conditii de precizie deosebita

1. Inventia este caracterizata prin aceea ca implementeaza o metoda inovativa pentru masurarea fara contact a deplasarii unghiulare si liniare 1D/2D al unui obiect individual de forma regulata sau neregulata a unor obiecte multiple de forma regulata , arbitrara sau complexa

2. Inventia se caracterizeaza prin aceea ca senzorul optoelectronic integrat poate dezvolta aplicatii multiple .Pe baza principiului de masura non contact al configuratiei speckle generata de sursa de lumina laser 1 (,Fig.2) produsul si metoda este utilizabila pentru masurarea deformatiilor dinamice ale unor corpuri de revolutie sau de forma complexa inclusiv planare flambare, torsione, dilatare sau contractie .

3 Inventia este caracterizata prin aceea ca dezvolta un sistem senzitiv cu focalizare directa pe suprafata masurandului bazata pe inregistrarea configuratiei amprentei speckle in planul Fourier inainte si dupa deplasarea unghiulara sau liniara a suprafetei masurandului 2 (Fig.2).

4. Inventia se caracterizeaza prin aceea ca prin conceptul inovativ permite masurarea deplasarii unghiulare sau liniare a unui masurand individual si / sau simultan a mai multor piese de forma identica sau de forma diferita.

5. Inventia se caracterizeaza prin aceea ca se bazeaza pe implementarea efectului speckle generat de o radiatie incidenta la suprafata masurandului ce asigura functionalitatea non contact al sistemului optoelectronic integrat pentru masurari multiple in conditii de precizie deosebita si independent de conditiile de mediu si de calitate ale suprafetei masurandului.

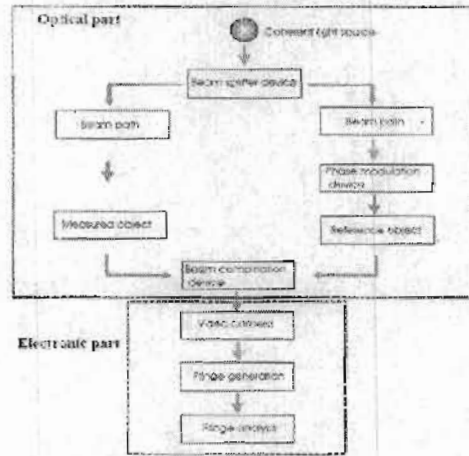


Fig. 1

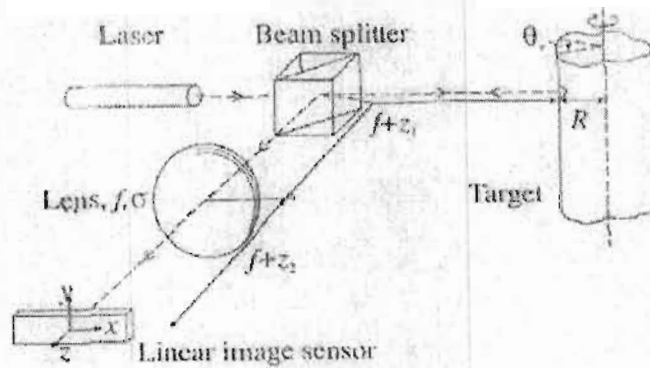


Fig. 2

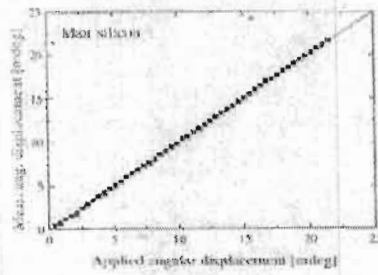


Fig. 3

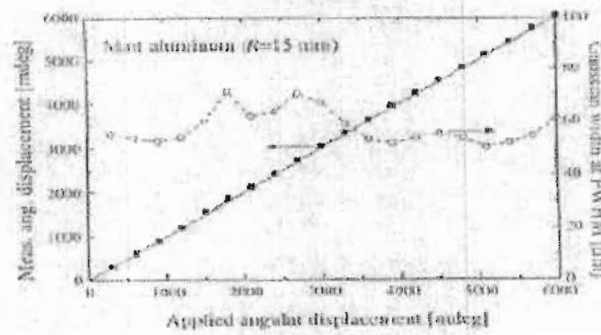


Fig. 4



Fig. 5

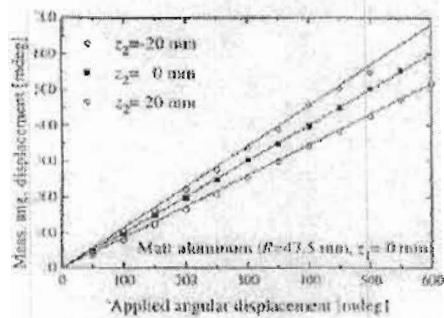


Fig. 6

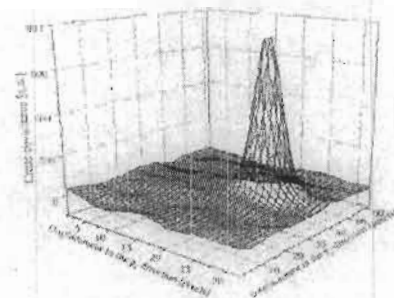


Fig 7

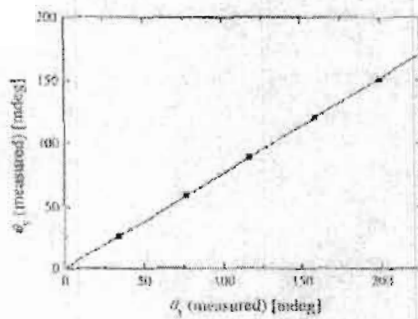


Fig. 8