



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2009 00807**

(22) Data de depozit: **08.10.2009**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.04.2013** BOPI nr. **4/2013**

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

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA LASERILOR, PLASMEI ȘI
RADIĂȚIEI, STR.ATOMIȘTILOR NR.409,
MĂGURELE, IF, RO**

(72) Inventatori:
• **SIMION SÂNDEL, SAT TRAIAN NR.274,
COMUNA TRAIAN, BR, RO;**

• **BLĂNARU CONSTANTIN,
STR.FIZICIENILOR NR.12, BL.M5, AP.3,
MĂGURELE, IF, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**BENYONG CHEN, JIANBO LUO,
DACHENG LI, "CODE COUNTING OF
OPTICAL FRINGES: METHODOLOGY AND
REALIZATION", VOL.44(2), PP.217-223,
OPTICAL SOCIETY OF AMERICA,
WASHINGTON, DC, US, 2005;
US 7224463 B1; US 5123742; US 3661464**

(54) **METODĂ ȘI DISPOZITIV PENTRU CREȘTEREA REZOLUȚIEI
ÎNTR-UN INTERFEROMETRU**



RO 126600 B1

1 Inventția se referă la o metodă și la un dispozitiv pentru creșterea rezoluției într-un
interferometru bazat pe codarea franjelor de interferență în cuadratură de fază, obținute la
3 ieșirea optică a interferometrului, în vederea realizării numărării de franje.

5 În scopul numărării franjelor optice în cuadratură de fază, obținute într-un
interferometru pentru măsurarea lungimii deplasării, sunt cunoscute o metodă și un circuit
de realizare bazate pe generarea și numărarea codurilor asociate franjelor de interferență,
7 și care permit atingerea unei rezoluții de fază de $\lambda/16$ (λ = lungimea de undă a sursei de
lumină din interferometru), spre deosebire de $\lambda/8$ - valoarea atinsă prin metodele anterioare
9 de numărare a franjelor de interferență (Benyong Chen, Jianbo Luo, Dacheng Li: "Code
counting of optical fringes: methodology and realization", *Applied Optics*, Vol. 44(2), pp.
11 217...223, 2005).

13 Dezavantajul metodei cunoscute rezidă în faptul că rezoluția măsurării lungimii
deplasării este limitată la $\lambda/16$ și nu mai poate fi coborâtă prin tehnica prezentată.

15 Inventția înlătură dezavantajul de mai sus, prin aceea că permite obținerea unei
rezoluții superioare, de $\lambda/32$, în măsurarea lungimii, păstrând caracteristicile măsurării de
înaltă precizie, în timp real, ale metodei cunoscute, folosește un număr de cinci semnale
17 generate, pornind de la cele două semnale electrice, corespunzătoare franjelor de
interferență în cuadratură de fază.

19 Problema pe care o rezolvă invenția constă în ameliorarea interferometrelor, prin
codarea franjelor de interferență în cuadratură de fază, cu obținerea avantajului unei rezoluții
21 mărite, ca de exemplu, $\lambda/32$.

23 Semnalele electrice analogice obținute prin fotodetecția franjelor de interferență sunt
 $A \sin(\omega t)$ și $A \cos(\omega t)$ și, pentru simplitate, în continuare, le notăm ca \sin , respectiv, \cos . Prin
prelucrare electronică analogică corespunzătoare, dintre acestea se generează alte trei
25 semnale: $-\sin$, $-\cos$ și un semnal σ , a cărui expresie este dată de una dintre relațiile:

$$\sigma = -\frac{(\sin + \cos)}{\sqrt{2}} \text{ sau } \sigma = \frac{(\sin + \cos)}{\sqrt{2}} \text{ sau } \sigma = \frac{(\sin - \cos)}{\sqrt{2}} \text{ sau } \sigma = \frac{(-\sin + \cos)}{\sqrt{2}}.$$

31 Pentru descrierea și înțelegerea metodei conform invenției, facem referire la fig. 1,
care ilustrează principiul metodei pentru deplasarea „înainte” și

$$\sigma = -\frac{(\sin + \cos)}{\sqrt{2}};$$

37 - fig. 1a, evoluția temporală a celor cinci semnale analogice, pe o perioadă ($T = 2\pi$
 $= \lambda/2$), pentru sensul de deplasare "înainte";

39 - fig. 1 b, codurile de câte 8 biți rezultante, pentru fiecare $T/16 = \lambda/32$.

41 Pentru generarea codurilor, definim funcția logică de tipul $F_i = a - b$, care ia valorile
binare:

$$F_i = 0 \text{ dacă } a < b \text{ și } F_i = 1 \text{ dacă } a > b.$$

RO 126600 B1

Pentru cele 5 semnale analogice, definim funcțiile F, după cum urmează:

$$F_1 = \sin - 0;$$

$$F_2 = -\cos - \sigma;$$

$$F_3 = \sin - \cos;$$

$$F_4 = -\sin - \cos;$$

$$F_5 = -\sin - \sigma;$$

$$F_6 = \cos - 0;$$

$$F_7 = \cos - \sigma;$$

$$F_8 = \sin - \sigma.$$

Astfel, dintre cele cinci semnale analogice

$$[\sin, \cos, -\sin, -\cos, \sigma = -\frac{(\sin + \cos)}{\sqrt{2}}],$$

pe durata unei perioade $T = \lambda/2$, se generează 16 coduri a câte 8 biți fiecare.

Urmărind structura codurilor din fig. 1b, se observă că, la fiecare variație de $\lambda/32$, se schimbă câte 1 bit în structură, că fiecărei subperioade de $\lambda/32$, îi corespunde un cod unic de 8 biți, și că, după o perioadă T, codurile se repetă ciclic.

Similar metodei descrise în legătură cu fig. 1, pentru sensul de deplasare „înainte”, se pot reprezenta semnalele corespunzătoare pentru sensul de deplasare „înapoi”, dacă se ține cont că, la schimbarea sensului de deplasare, defazajul relativ dintre semnalele \cos și \sin devine $-\pi/2$ (în loc de $\pi/2$, cum s-a considerat în fig. 1, pentru deplasarea „înainte”). Pentru acest caz, codurile se succed în sens invers față de deplasarea „înainte”, lucru lesne evidențiat de fig. 2, care prezintă succesiunea codurilor asociate:

fig. 2a, succesiunea celor 16 coduri a câte 8 biți fiecare, la deplasarea „înainte” pe o perioadă;

fig. 2b, succesiunea celor 16 coduri a câte 8 biți fiecare, la deplasarea „înapoi” pe o perioadă.

Citirea consecutivă bidirecțională a acestor 16 coduri de câte 8 biți fiecare (cu ajutorul unui circuit numeric corespunzător) permite discriminarea fără ambiguități a sensului de deplasare și generarea corespunzătoare a comenzii de incrementare/decrementare pentru un număr reversibil (parte a circuitului numeric), al cărui conținut reprezintă lungimea deplasării (în multipli de $\lambda/32$). Astfel, spre exemplu, dacă în fig. 1, considerăm poziția corespunzătoare lui $7\lambda/32$ și având codul 11110000, poziția următoare ($8\lambda/32 = \lambda/4$) la deplasarea „înainte” cu un increment $\lambda/32$ va avea codul 01110000 (vezi și fig. 2a). Dacă ne referim la poziția cu același cod 11110000 din fig. 2b, poziția următoare la deplasarea „înapoi” cu un decrement $\lambda/32$ va avea codul 11110001, corespunzător poziției $6\lambda/32$ din fig. 1.

Metoda de codare descrisă mai sus, pentru valoarea

$$\sigma = -\frac{(\sin + \cos)}{\sqrt{2}}$$

este similară pentru oricare dintre celelalte expresii ale semnalului σ . Pentru fiecare dintre aceste expresii, obținem alt set de 16 coduri a câte 8 biți, pe durata perioadei $T = \lambda/2$.

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu fig. 3, care reprezintă schema bloc a circuitului pentru generarea codurilor asociate franjelor de interferență în cuadratură de fază.

RO 126600 B1

1 Franjele optice în cuadratură de fază sunt detectate de doi fotodetectori, **FD1**,
respectiv, **FD2**. Fotocurenții generați sunt convertiți în tensiune de două convertoare curenț-
3 tensiune, **A1** și **A2**, la ieșirile cărora obținem semnalele sin, respectiv, cos. Două
amplificatoare inversoare cu câștig unitar, **A3** și **A4**, produc, la ieșirile lor, semnalele - sin,
5 respectiv, -cos. Un sumator inversor ponderat Σ scoate la ieșire semnalul

7

$$\sigma = \frac{(\sin + \cos)}{\sqrt{2}},$$

9 unde s-a ales, pentru σ , această expresie, numai din considerente de ușurință în
11 implementarea practică.

Un lanț de opt comparatoare analogice, **C1-C8**, generează, la ieșirile lor, stările
13 corespunzătoare funcțiilor logice F_i , definite mai sus. Stările logice de la ieșirile compara-
toarelor **C1-C8** reprezintă chiar codurile de numărare, prezentate în fig. 2.

15 Prelucrarea electronică ulterioară se face prin intermediul unor circuite electronice
de prelucrare numerică îndeobște cunoscute.

17 Metoda și dispozitivul conform invenției prezintă avantajul îmbunătățirii de două ori
a rezoluției intrinseci în timp real, la măsurarea lungimii într-un interferometru care folosește
19 principiul numărării de coduri asociate franjelor de interferență în cuadratură de fază. Față
de metoda cunoscută, caracterizată printr-o rezoluție de $\lambda/16$, metoda conform invenției
21 atinge o rezoluție de $\lambda/32$, în condițiile păstrării în totalitate a celorlalte avantaje proprii
metodei cunoscute (măsurare bidirecțională sigură prin numărarea franjelor optice, numărare
23 fără eroare a franjelor optice oscilante, toleranță la variația de fază a cuadraturii semnalelor
de interferență, măsurare efectivă în timp real). Ca ordin de mărime în unități metrice, dacă
25 interferometrul folosește, ca sursă de lumină, un laser He-Ne cu emisie în roșu ($\lambda = 632.9914$
nm), atunci $\lambda/16 \simeq 40$ nm și $\lambda/32 \simeq 20$ nm.

RO 126600 B1

Revendicări

1. Metodă pentru creșterea rezoluției într-un interferometru, care cuprinde numărarea franjelor de interferență în cuadratură de fază prin generare de coduri asociate, **caracterizată prin aceea că** aceasta cuprinde etapele:

- detectarea franjelor optice în cuadratură, cu ajutorul a două fotodetectoare (**FD1** și **FD2**);

- conversia în tensiune a fotocurenților, cu ajutorul a două convertoare curenți-tensiune (**A1** și **A2**), și furnizarea, la ieșirile acestora, a unor semnale *sin* și, respectiv, *cos*;

- inversarea semnalelor *sin* și, respectiv, *cos*, obținute, cu ajutorul a două amplificatoare inversoare (**A3** și **A4**), cu câștig unitar, și furnizarea, la ieșirile acestora, a unor semnale - *sin* și, respectiv, - *cos*;

- însumarea ponderată a semnalelor, cu ajutorul unui sumator inversor (Σ), ponderat, ce furnizează la ieșire un semnal

$$\sigma = \frac{(\sin + \cos)}{\sqrt{2}},$$

- generarea, pornind de la două semnale electrice corespunzătoare franjelor de interferență în cuadratură de fază, a unui număr de cinci semnale analogice:

$$(\sin, \cos, -\sin, -\cos \text{ și } \sigma = \frac{(\sin + \cos)}{\sqrt{2}})$$

care asigură, în măsurarea lungimii deplasării, o rezoluție de $\lambda/32$;

- generarea de stări logice, în număr de opt, reprezentând o structură coduri de numărare asociate, cu ajutorul unui lanț de opt comparatoare analogice (**C1-C8**);

- generarea, în cuprinsul unei perioade $T = \lambda/2$, a unui număr de 16 coduri de numărare, prezentând o structură distinctă, pentru fiecare fracțiune de perioadă $T/16 = \lambda/32$, precum și o succesiune diferită, pentru sensul de deplasare "înainte" și, respectiv, "înapoi";

- discriminarea sensului de deplasare, prin citirea consecutivă, bidirecțională, a celor 16 coduri de câte 8 biți fiecare;

- generarea, în mod corespunzător, a unei comenzi de incrementare/decrementare, pentru un numărător reversibil al cărui conținut reprezintă lungimea deplasării, exprimat în multipli de $\lambda/32$.

2. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** semnalul analogic σ poate fi definit conform oricăreia dintre expresiile:

$$\sigma = \frac{(\sin + \cos)}{\sqrt{2}} \text{ sau } \sigma = \frac{(\sin - \cos)}{\sqrt{2}} \text{ sau } \sigma = \frac{(-\sin + \cos)}{\sqrt{2}},$$

3. Dispozitiv pentru aplicarea metodei de la revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că** are în alcătuire:

- un ansamblu de două fotodetectoare (**FD1** și **FD2**) pentru detectarea franjelor optice în cuadratură;

RO 126600 B1

- 1 - un ansamblu de două convertoare curent-tensiune (**A1**, **A2**) pentru conversia în
tensiune a fotocurenților, și furnizarea la ieșirile lor a unor semnale *sin*, și respectiv, *cos*;
- 3 - un ansamblu de două amplificatoare inversoare (**A3** și **A4**), cu câștig unitar, și
furnizarea, la ieșirile acestora, a unor semnale - *sin* și, respectiv, - *cos*, prin inversarea
5 semnalelor *sin* și, respectiv, *cos*, obținute, cu ajutorul convertoarelor curent-tensiune (**A1** și
A2), menționate;
- 7 - unui sumator inversor (**Σ**) ponderat, pentru însumarea ponderată a semnalelor, și
furnizarea, la ieșirea acestuia, a unui semnal

9

11

$$\sigma = -\frac{(\sin + \cos)}{\sqrt{2}}.$$

13

15

- un lanț de opt comparatoare analogice (**C1-C8**), pentru generarea de stări logice,
în număr de opt, reprezentând o structură coduri de numărare, asociate.

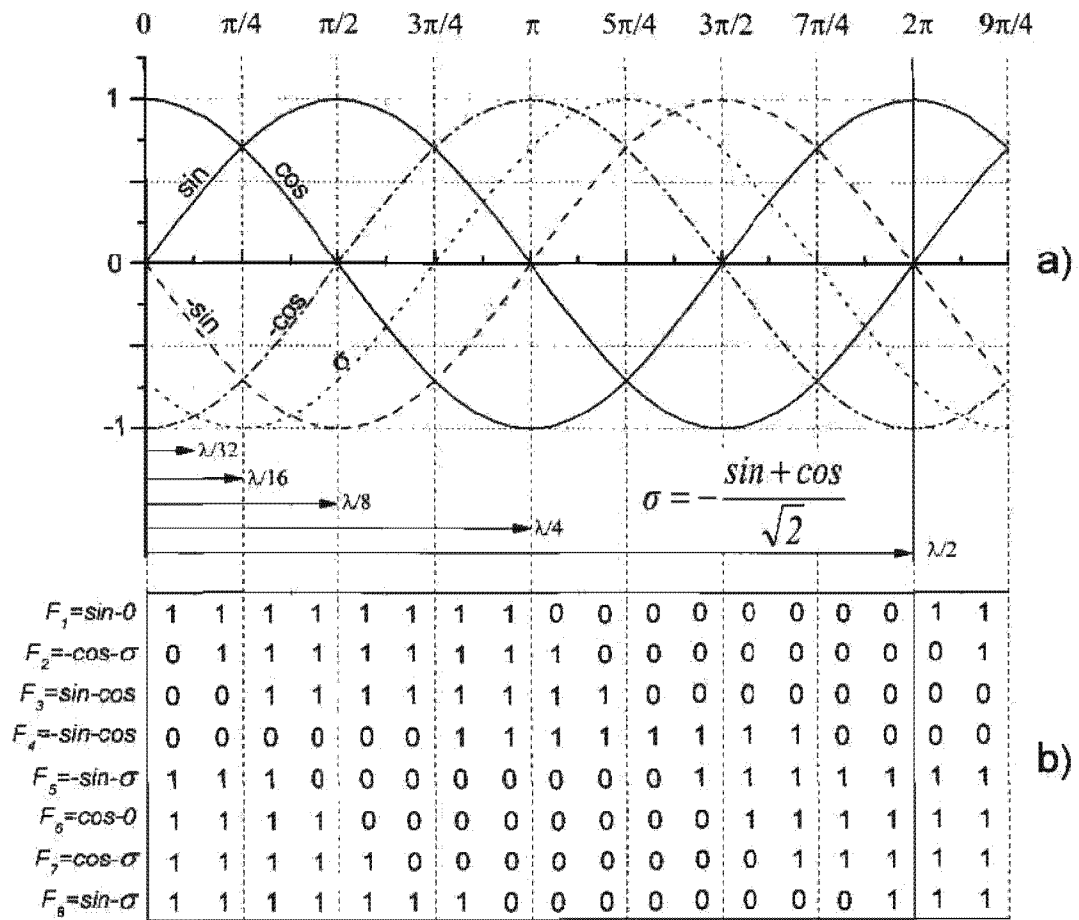


Fig. 1

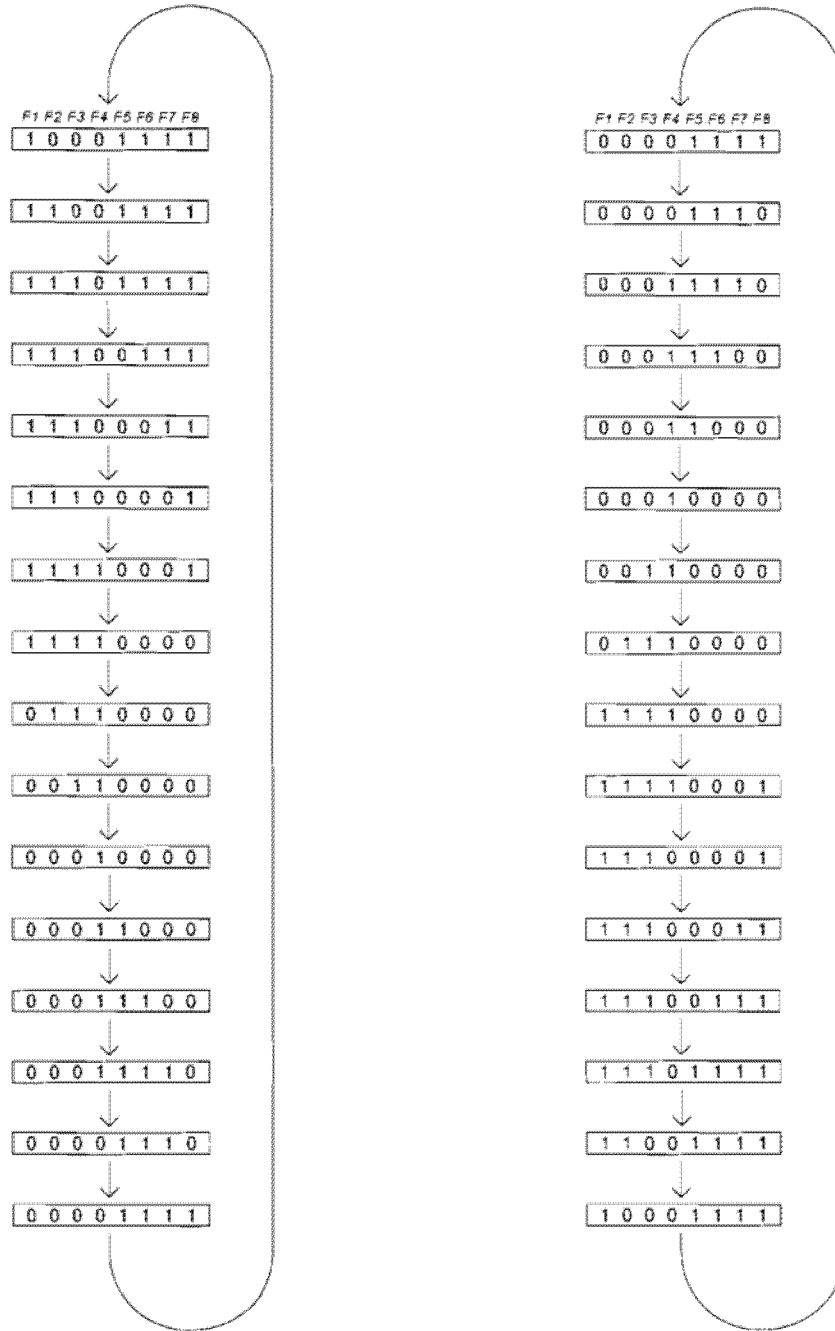


Fig. 2

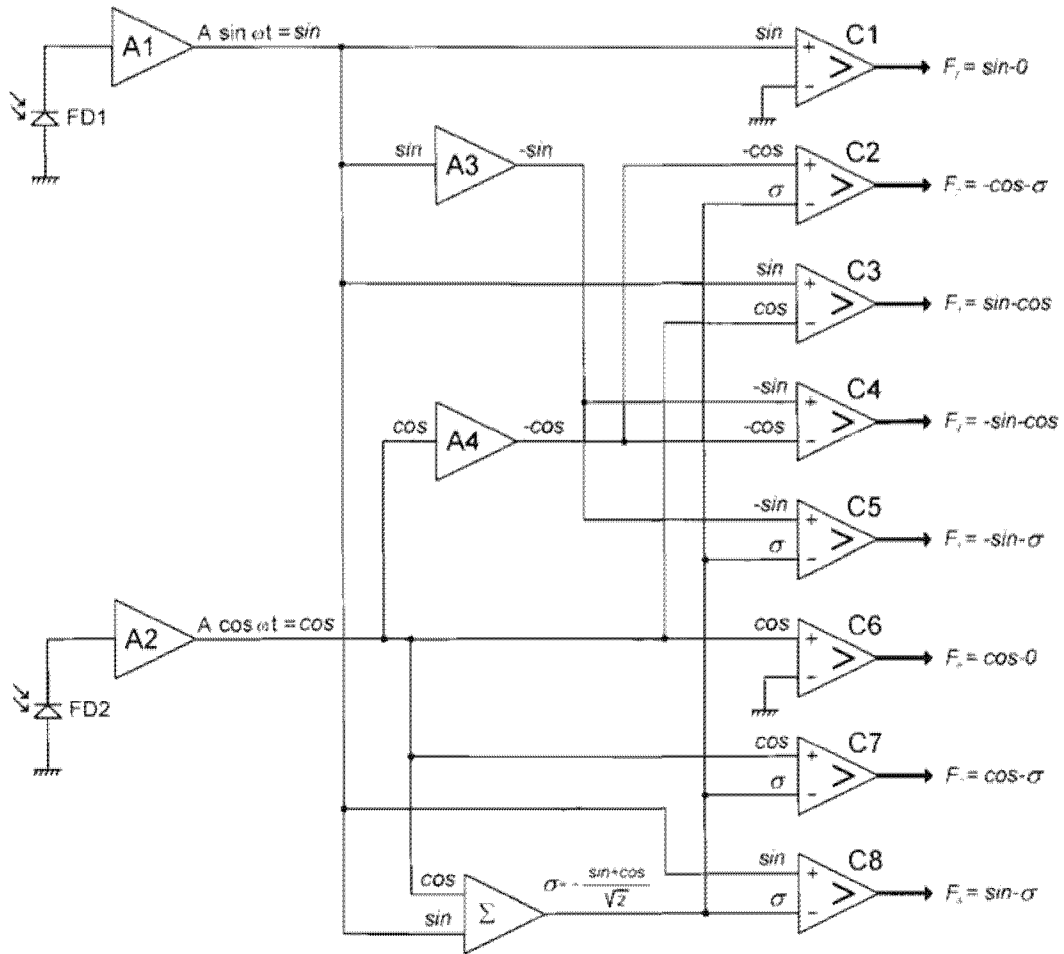


Fig. 3

