

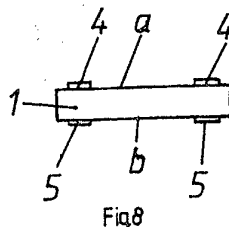
ROMANIA OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	BREVET DE INVENȚIE ⁽¹⁹⁾ RO ⁽¹¹⁾ 103775 (12) DESCRIEREA INVENȚIEI
(21) Cerere de brevet nr: 136469 (22) Data înregistrării: 14.12.88 (61) Complementară la invenția brevet nr: (45) Data publicării: 23.12.93	(51) Int. Cl. ⁴ : G 01 L 7/08; G 01 L 13/02
(86) Cerere internațională (PCT) nr: data: (87) Publicarea cererii internaționale nr: data: (89)	(30) Prioritate: (32) Data: 16.12.87 (33) Țara: SUA (31) Certificat nr: 133761
(71) Solicitant: The Babcock & Wilcox Company, New-Orleans, Louisiana, SUA (73) Titular: International Control Automation Finance S.A., Ville de Luxembourg, Luxembourg (72) Inventator: Kaigler William Ivy, S.U.A.	

(54) Senzor de presiune diferențială

(57) Rezumat

Senzorul de presiune diferențială conține o diafragmă având pe fețele superioară și inferioară perechi de rezistori film gros. Cele două perechi de rezistori sunt în aceeași poziție radială pe diafragmă și de preferat la periferia diafragmei. Rezistorii pot fi conectați într-o punte Wheatstone, pentru a măsura presiunile aplicate diafragmei, ceea ce determină

ușoara îndoire a ei, care modifică caracteristicile electrice ale acestora. Caracteristica electrică a celor două perechi de rezistori care se modifică nelinear, fiind de semne diferite și amplitudine egale, se anulează reciproc, asigurând o măsurare precisă de presiune.



Invenția se referă, în general, la un senzor de presiune și, în principal, la un senzor de presiune diferențială ce poate fi folosit pentru măsurarea atât a presiunilor absolute, cât și a presiunilor diferențiale scăzute.

Senzorii de presiune diferențială au fost construiți folosind o mare varietate de dispozitive traductoare. Două dintre cele actuale, cele mai comune, sunt senzorii capacitivi și senzorii cu transductori tensometrici rezistivi montați pe bare. Senzorii capacitivi includ trei diafragme care separă două volume umplute cu fluid dielectric.

Ca rezultat se formează doi condensatori variabili, ce pot fi integrați pentru a forma un senzor precis și convenabil. Dezavantajul unui asemenea senzor este că nu se poate realiza o precizie ridicată.

Senzorul de tip bară pentru măsurarea presiunii diferențiale implică o bară ce este cuplată cu o diafragmă colectoare de presiune, care transmite forța creată de diferența de presiune la bară, efortul fiind măsurat cu un tensometru rezistiv. Tensometrele sunt plasate pe bară într-o configurație de punte Wheatstone, pentru a supune jumătate din punte la efortul de comprimare și jumătate la efortul tensiune. Problemele comune la acest tip de senzor sunt că poate fi foarte dificil și costisitor de fabricat.

Un alt tip de senzor, ce este mai rar folosit la aplicațiile de presiune diferențială, este un senzor cu diafragmă care constă într-o placă circulară plană, ce este fixată în jurul circumferinței. Dispozitivul de sesizare este un element sensibil la efort, fixat pe diafragmă. Acest senzor este cel mai des folosit și la măsurarea presiunii absolute ridicate (de obicei, peste 700 at).

Senzorii de presiune absolută măsoară des un domeniu de presiune mult mai ridicat decât ar face-o senzorul de presiune diferențială, datorită carac-

teristicilor fizice ale diafragmei, eforturile mari ce se dezvoltă în membrană, materialul se întinde mai degrabă decât să se îndoaie când se aplică presiunea. Aceasta face ca senzorul să devină mai nelinear când deplasarea crește în raport cu grosimea diafragmei. Când acest raport deplasare la grosime (numit factorul K) se apropie de 0,1, senzorul devine prea nelinear pentru un randament acceptabil, fără o compensare lineară. Motivul pentru care această apropiere este folosită doar la presiunile ridicate este că atunci când o presiune scăzută este măsurată, eforturile în diafragmă trebuie menținute la un anumit nivel, pentru a produce un semnal de ieșire adecvat. Acesta se poate face doar prin micșorarea grosimii diafragmei sau prin creșterea razei sale.

Ambele vor crește factorul K al diafragmei. Ca rezultat, acest senzor prezintă nelinearități ridicate când se folosește pentru domenii de presiune joase.

Aranjarea cea mai obișnuită pentru un senzor cu diafragmă este să plaseze patru rezistori tensometrici pe o față a diafragmei pentru a răspunde la eforturile radiale, de compresie la centru, și la eforturile tangențiale, de tensiune la marginea externă a diafragmei. Rezistorii tensometrici sunt conectați într-o configurație de punte Wheatstone, astfel încât brațele adiacente ale rezistorilor și de semn opus conduc la un efect aditiv la semnalul de ieșire. Problema cu acest aranjament este că rezistoarele plasate la marginea exterioară sunt oprite la diferite nelinearități față de cele centrale. Aceste nelinearități sunt de semn opus, dar de amplitudine diferită, ceea ce conduce la un semnal de ieșire de la punte neliniar, dependent de factorul K. Aceste diafragme ceramice imprimare cu rezistori film gros au atras interesul și pentru senzorii de presiune. Acești senzori de tipul ceramic - rezistivi film gros sunt foarte asemănătoare

cu cele anterioare, cu rezistoarele aranjate într-o configurație de punte Wheatstone. Ca și cu diafragmele de siliciu sau metal, dacă senzorul este folosit pentru un domeniu de presiune scăzut, factorul K trebuie să fie mărit pentru a realiza un semnal de ieșire adecvat și a deveni nelinear.

Rezistoarele film gros schimbă rezistența ca funcție de efortul mediu pe zona rezistorului. Diferit de rezistorii tensometrici de tip film subțire sau folie aplicate, tensometrele film gros sunt sensibile la efortul normal. Acesta este efortul produs în direcția Z normal la suprafața diafragmei. Această sensibilitate importantă la efort normal creează o problemă adițională pentru senzorii film gros în aplicația diferențială. Dacă tensometrele sunt aranjate în mod similar cu tensometrele film-subțire cu două rezistoare în centru și două aproape de marginea exterioară pentru a produce un semnal de ieșire maxim ca la senzor, efortul normal va varia depinzând de fața senzorului amintit. Dacă domeniul de presiune de măsurat se întâmplă să fie central în jurul lui zero, semnalul de ieșire rezultat va fi semnificativ mai ridicat, când presiunea este aplicată pe o față a senzorului cu tensometrele dispuse pe ea. Când presiunea depășește la cealaltă față a senzorului semnalul de ieșire va scădea și de aceea va deveni nelinear pronunțat.

Unul din avantajele folosirii circuitului punte Wheatstone este acela că efectele egale se anulează și de aceea nu afectează semnalul de ieșire. Totuși, dacă sensibilitatea la efort normală nu este consistentă pentru fiecare tensometru, atunci efectele nu vor fi egale și senzorul nu va fi bun. Pentru a controla această problemă cu toate tensometrele pe o față a senzorului, fabricantul trebuie să controleze sensibilitatea normală.

Scopul invenției este de a mări liniaritatea senzorilor de presiune dife-

rențială pe un domeniu larg de măsurare.

Problema pe care o rezolvă invenția este de a realiza un senzor de presiune diferențială cu sensibilitate și liniaritate ridicate.

Senzorul de presiune diferențială, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate, prin aceea că este format dintr-o diafragmă pe fețele căreia se fixează o primă pereche de rezistori film gros pe o față într-o poziție radială selectată a diafragmei și o a doua pereche de același tip de rezistori sunt plasați pe fața opusă, în zona periferică a diafragmei.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu fig.1...11, care reprezintă:

- fig.1, graficele cu eforturile radiale și tangențiale ale diafragmei în funcție de rază (exprimată procentual);

- fig.2, diagramele distribuției eforturilor tangențiale și radiale în funcție de rază, pe ambele fețe ale unei diafragme plate;

- fig.3, graficele neliniarităților unui senzor cu diafragmă plată, care conține rezistoare plasate în zona centrală sau periferică;

- fig.4, vedere laterală a unui senzor presiune, conform invenției, cu rezistori pe ambele fețe în zona centrală a diafragmei;

- fig.5, vedere în plan de sus a diafragmei din fig.4;

- fig.6, vedere în plan de jos a diafragmei din fig.4;

- fig.7, diagramă privind deviația procentuală pentru senzorul presiune din fig. 4...6;

- fig.8, vedere laterală a senzorului de presiune, conform invenției, având o diafragmă cu rezistori pe ambele fețe dispuse periferic;

- fig.9, vedere în plan de sus a senzorului de presiune din fig.8;

- fig.10, vedere plan de jos a senzorului din fig.8;

- fig.11, diagramă privind procentul de deviație pentru varianta din fig.8...10.

Invenția de față este orientată către un senzor de presiune ce folosește o diafragmă având dispuse tensometre pe ambele suprafețe.

Tensometrele pot fi de orice tip cunoscut, de exemplu, de tipul film subțire, folie aplicată, semiconductoare sau film gros. Un circuit corespunzător, cum ar fi, o aranjare în punte a tensometrilor, care sunt plasate în aceeași poziție radială fie aproape de centru, fie aproape de periferia externă a diafragmei. În acest fel cele două seturi de tensometre sunt supuse la condiții nelineare ce sînt de semn opus, dar amplitudine egală virtual. Aceste nelinearități se anulează astfel una pe cealaltă în punte.

Corespunzător un obiectiv al invenției de față este să asigure un senzor presiune ce conține o diafragmă pentru expunerea la presiune. Diafragma prezintă o arie centrală și o zonă periferică externă și include suprafețe superioară și inferioară. O primă pereche de tensometre este prevăzută la suprafața superioară și o pereche secundă de tensometri la suprafața inferioară. Ambele perechi de tensometre sunt plasate în aceeași poziție radială pe diafragmă, fie pe suprafața superioară, fie pe cea inferioară.

Referitor la fig. 4, 8 și 10 invenția reprezentată conține un senzor de presiune, având o diafragmă cu suprafețe superioară și inferioară pe care sunt prevăzute perechi de rezistori, considerabil la aceeași poziție radială pe diafragmă. Prin conectarea celor două perechi de rezistori la o punte, se poate face o măsurare precisă deoarece răspunsul nelinear al tensometrelor este egal ca amplitudine și opus ca semn între suprafața superioară și suprafața inferioară a diafragmei.

Prima problemă ce trebuie rezolvată dacă un senzor cu diafragmă plată tre-

buie să fie o soluție realizabilă pentru mediu sau presiuni diferențiale de domeniu scăzut, este caracteristica fizică a nelinearității ridicate care apare când factorul K este prea ridicat. Deoarece trebuie realizat un semnal de ieșire predeterminat și dimensiunile mecanice ale senzorului pot doar să fie schimbate între anumite limite, depinzând de linearitate și de semnalul de ieșire, a fost necesară altă soluție, independentă de dimensiunile mecanice.

Pentru a găsi o soluție la această primă problemă, prima treaptă a fost să se determine exact de ce un senzor cu diafragmă plată cu un circuit punte Wheatstone plasat pe o față arată nelinearități.

S-a descoperit că nelinearitățile tangențiale și radială sunt legate de efortul în orice punct dat. Ca rezultat, diagrama produsă este foarte asemănătoare cu diagrama distribuției efortului pentru diafragmă (vezi fig.1 și 2). În fig.1, de observat că nelinearitățile radiale externe de la 50% la 70% din rază sunt rezultat al erorilor de calcul determinate de eforturile foarte mici în acea zonă. Datorită acestei caracteristici, tensometrele radiale arată diferite nelinearități față de tensometrele tangențiale. Când aceste tensometre sunt aranjate într-o configurație punte Wheatstone, aceste valori sunt cumulate. Deoarece măsurătorile arată diferite valori de nelinearitate, ele se combină într-o valoare totală ce poate deveni semnificativă, depinzând de factorul K (fig.3).

Obiectivul acestei invenții este să asigure un senzor care este independent de factorul K. Pentru a realiza acest scop, nelinearitățile la care este supus fiecare tensometru trebuie să fie de semn opus, dar de amplitudini virtual egale. La analiza nelinearităților în continuare, s-a observat că eforturile arată o amplitudine similară de la partea superioară la bază cu semne diferite. Aceasta este exact situația care

întâlnește ambele criterii stabilite mai sus.

Acest lucru conduce la un nou aranjament pentru rezistorii de efort pe senzor cu diafragmă plată. Dacă o jumătate de punte Wheatstone a fost plasată în centrul diafragmei și cealaltă jumătate pe aceeași zonă radială, pe latura inversă doi dintre rezistori vor fi supuși la eforturi de comprimare și doi la eforturi de tensiune. Locurile cele mai avantajoase pentru acești rezistori vor fi aproape de centru sau marginea exterioară a diafragmei. Deoarece efortul va fi mai mare la centru, semnalul de ieșire din senzor va fi mai mare. Dacă rezistorii au fost lângă diametrul exterior, aceștia pot fi făcuți mai rezistenți la zgomot. Această proiectare a unui senzor punte Wheatstone cu diafragmă plată ce poate conduce la o varietate de elemente sensibile la eforturi diferite, adică la rezistori de tipul film subțire, folie imprimată, dispozitive semiconductoare sau rezistori de tip film gros.

Cum se arată în fig.4 pînă la 6, o diafragmă 1 prezintă o suprafață superioară a, ce poartă o primă pereche de rezistori 2, iar pe suprafața inferioară b a discului 1 poartă o pereche secundă de rezistori 3. Rezistorii 2 și 3 pot fi conectați într-o punte Wheatstone pentru a forma un senzor de măsurare a presiunii diferențiale. În fig.7 se arată cum semnalele de răspuns nelinare de la rezistorii inferiori și superiori se anulează unul pe celălalt, pentru a produce valoarea de ieșire considerabil linerară. Rezistorii 2 și 3 sunt plasați în zona centrală a suprafeței superioare și inferioare pentru discul 1 în aceeași poziție radială pe disc.

În figurile de la 8 și 10 se arată, conform invenției, că discul 1 este prevăzut pe o suprafață a purtând o primă pereche de rezistori de efort 4, plasați lângă periferia exterioară a discului. Într-un mod asemănător, o pere-

che secundă de rezistori 5 sunt prevăzuți pe suprafața b a discului și la aceeași poziție radială cu rezistorii 4. În fig.11 se arată anularea caracteristicilor nelinare pentru rezistorii supuși la efort inferior și superior.

Modificarea de rezistență totală pentru un rezistor film gros formând tensometrele se poate afla din:

$$dR/R = C_x E_x + C_y E_y + C_z E_z + E_x E_y E_z$$
 în care C_x, C_y și C_z sunt coeficienții de rezistență pentru eforturi pe direcțiile longitudinală, transversală și normală la rezistor și E_x, E_y și E_z sunt eforturile pe direcția longitudinală, transversală și normală la rezistor. Deoarece coeficientul de rezistivitate pentru efortul normal C_z este semnificativ, un senzor cu diafragmă plată cu toate tensometrele plasate pe o față ar da o ieșire diferită, depinzând de care față a diafragmei este aplicată presiunea, pînă ce sensibilitatea la efort normal a fost controlată.

Problema secundă menționată în tehnologia anterioară a fost sensibilitatea la efort normal a tensometrelor film gros. Această caracteristică face folosirea senzorilor cu diafragmă ceramică film gros dificilă la aplicații diferențiale. Folosirea punții Wheatstone bilaterale diminuează această problemă datorită simetriei sale.

Când domeniul de presiune măsurat este în jurul lui zero, sensibilitatea la efort normal nu este o problemă deoarece jumătate din punte este totdeauna supusă la presiunea directă. De aceea, centrul strâns al sensibilității normale nu mai este necesar.

Avantajul cel mai important al acestei invenții este că la aranjamentul propus linearitatea senzorului cu diafragmă plată este independentă de raportul deplasare la grosime (factorul K). Aceasta spune pentru proiectantul de senzori de presiune diferențială, care se pot ridica eforturile la nivelul dorit pentru un semnal de ieșire corespunzător prin modificarea dimensiunilor fizice ale

diafragmei plate, fără să se afecteze linearitatea senzorului. Un rezultat direct al acestui lucru este că senzorul cu diafragmă plată, care este mai puțin scump și mai simplu de fabricat, poate fi folosit pentru toate domeniile de presiune de la domeniul scăzut la domeniul mediu, respectiv la domeniu ridicat.

Alt avantaj al acestei invenții este că sensibilitatea ridicată a rezistoarelor film gros până la efortul normal nu vor crea o problemă de linearitate când domeniul de presiune măsurată trece de zero. Aceasta va permite să se folosească senzorii cu circuit film gros la diferite aplicații unde ei vor dovedi a fi mult mai puțin costisitori decât în alte situații.

În timp ce o variantă specifică a invenției a fost arătată și descrisă în detaliu pentru a ilustra aplicarea principiilor invenției, se va înțelege că in-

venția va fi înfățișată altfel, fără depărtarea de la asemenea principii.

Revendicări

5

1. Senzor de presiune diferențială, format dintr-o diafragmă pe fețele căreia se fixează rezistori peliculari, caracterizat prin aceea că o primă pereche de rezistori (4) film gros se fixează pe o față (a) într-o poziție radială selectată a diafragmei (1) și o a doua pereche (5) de același tip de rezistori sunt plasați pe fața opusă (b) în zona periferică a diafragmei.

10

15

2. Senzor, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că perechile primă și secundă, menționate, de rezistori sunt aliniate unele cu altele și sunt de suprafețe egale pe ambele fețe ale diafragmei.

20

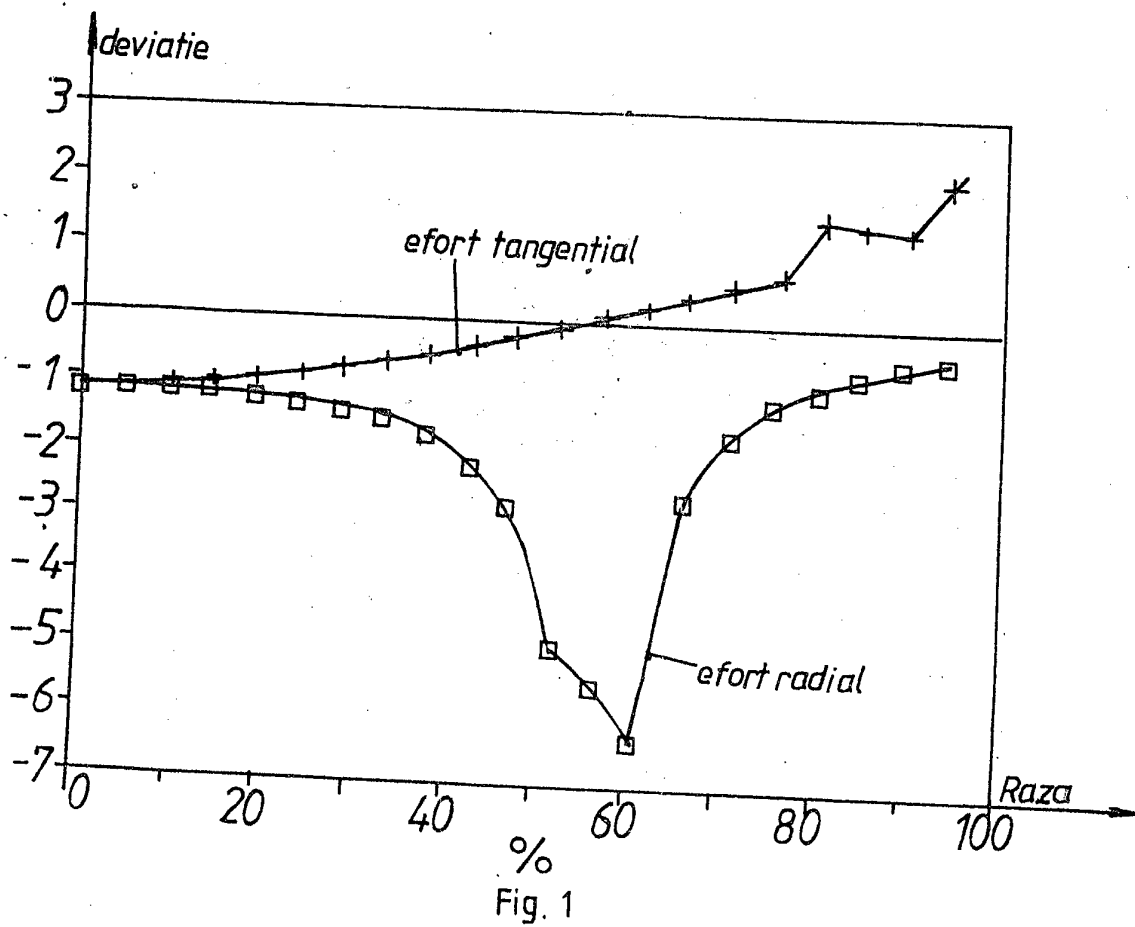
(56)Referințe bibliografice

Brevet SUA nr. 4311980

Președintele comisiei de invenții: ing. Erhan Valeriu
Examinator: fiz. Petru Ciontu

103775

(51) Int. Cl⁴: G 01 L 7/08;
G 01 L 13/02



103775

(51) Int. Cl⁴: G 01 L 7/08;
G 01 L 13/02

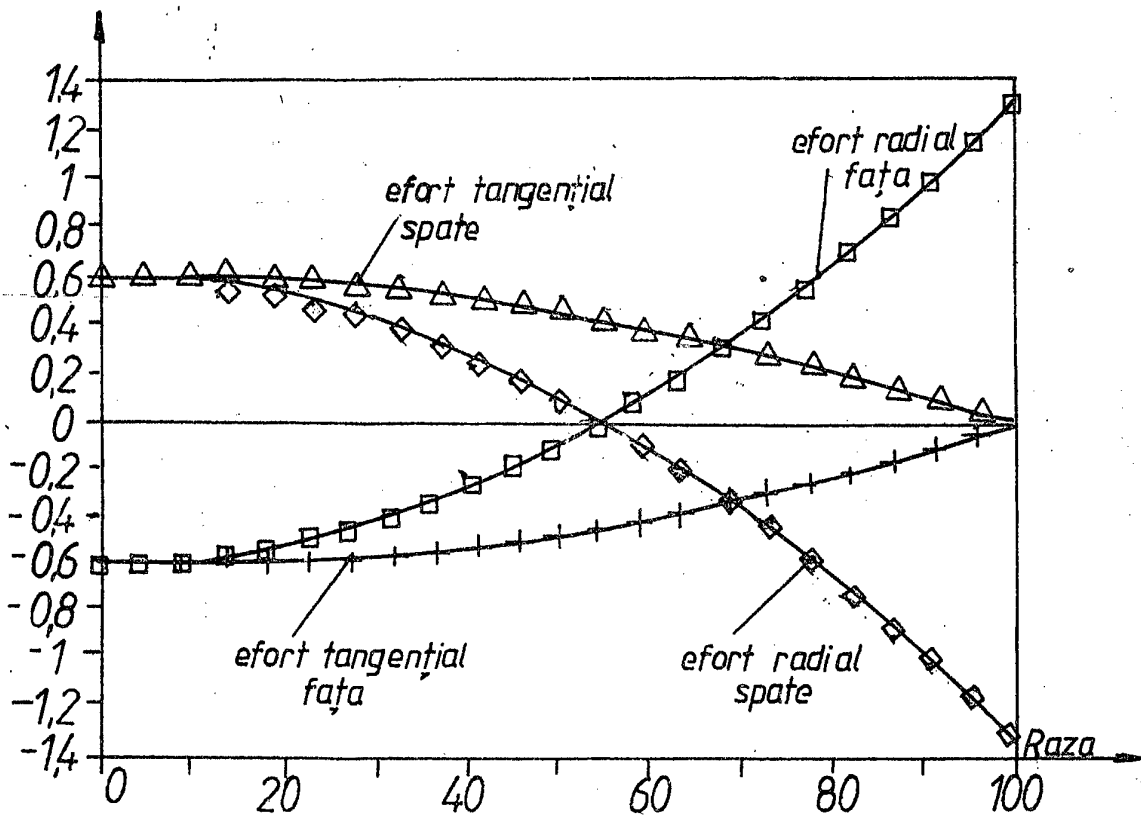


Fig. 2

103775

(51) Int. Cl⁴: G 01 L 7/08;
G 01 L 13/02

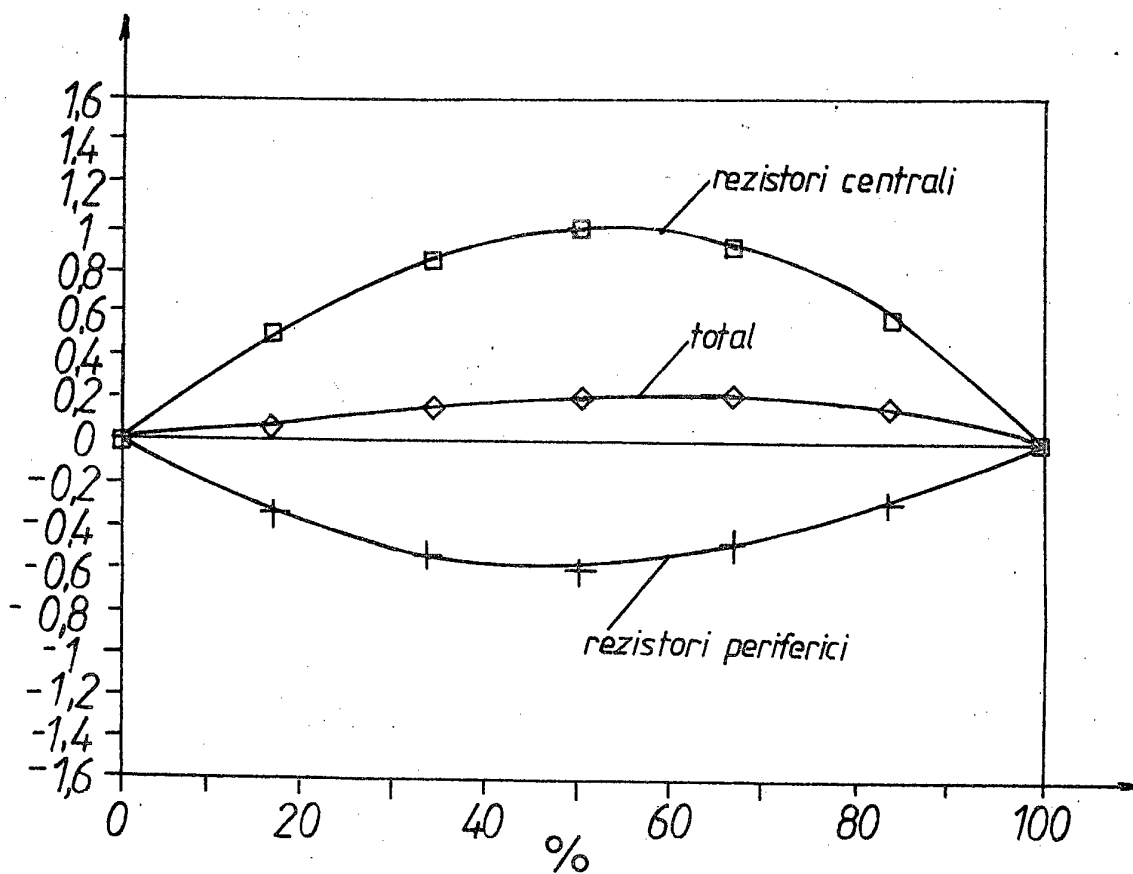


Fig.3

103775

(51) Int. Cl.⁴: G 01 L 7/08;
G 01 L 13/02

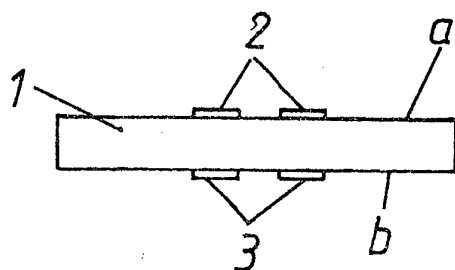


Fig. 4

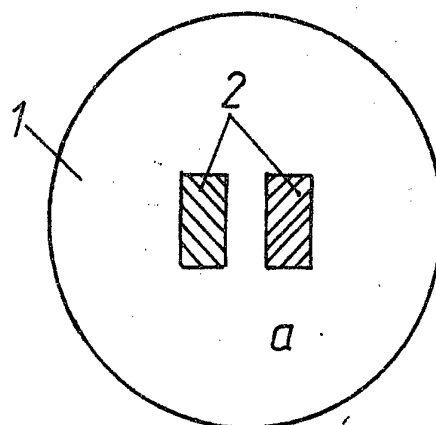


Fig. 5

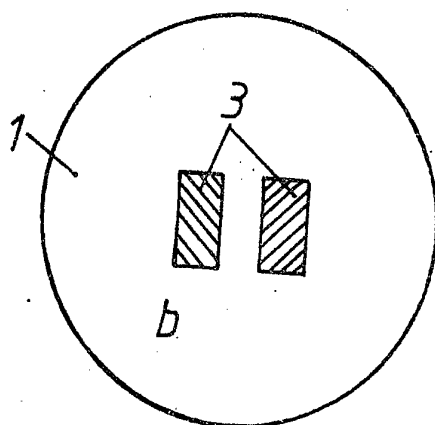


Fig. 6

103775

(51) Int. Cl⁴: G 01 L 7/08;
G 01 L 13/02

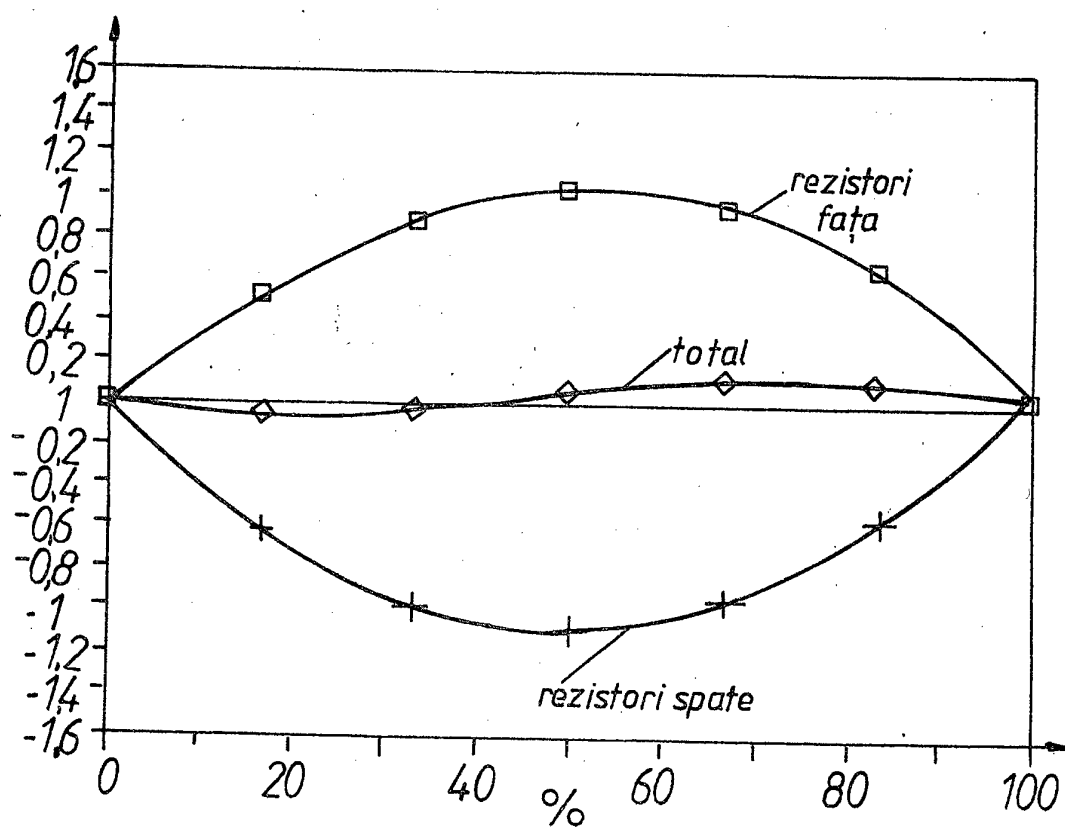


Fig.7

103775

(51) Int. Cl.⁴: G 01 L 7/08;
G 01 L 13/02

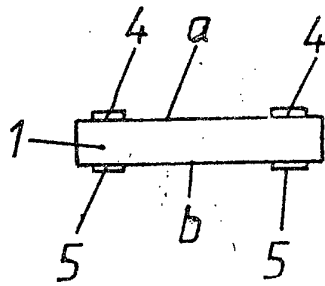


Fig. 8

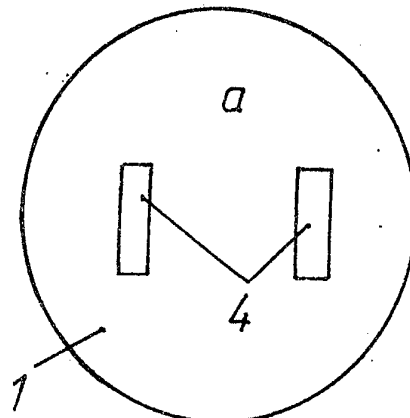


Fig. 9

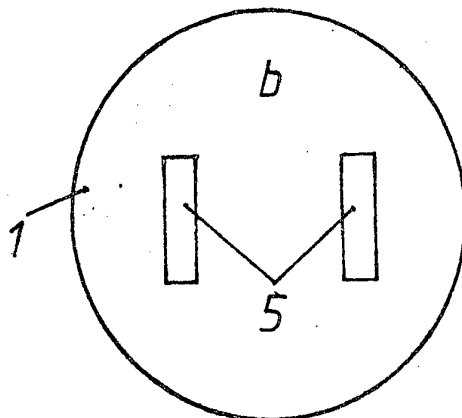


Fig. 10

103775

(51) Int. Cl.⁴: G 01 L 7/08;
G 01 L 13/02

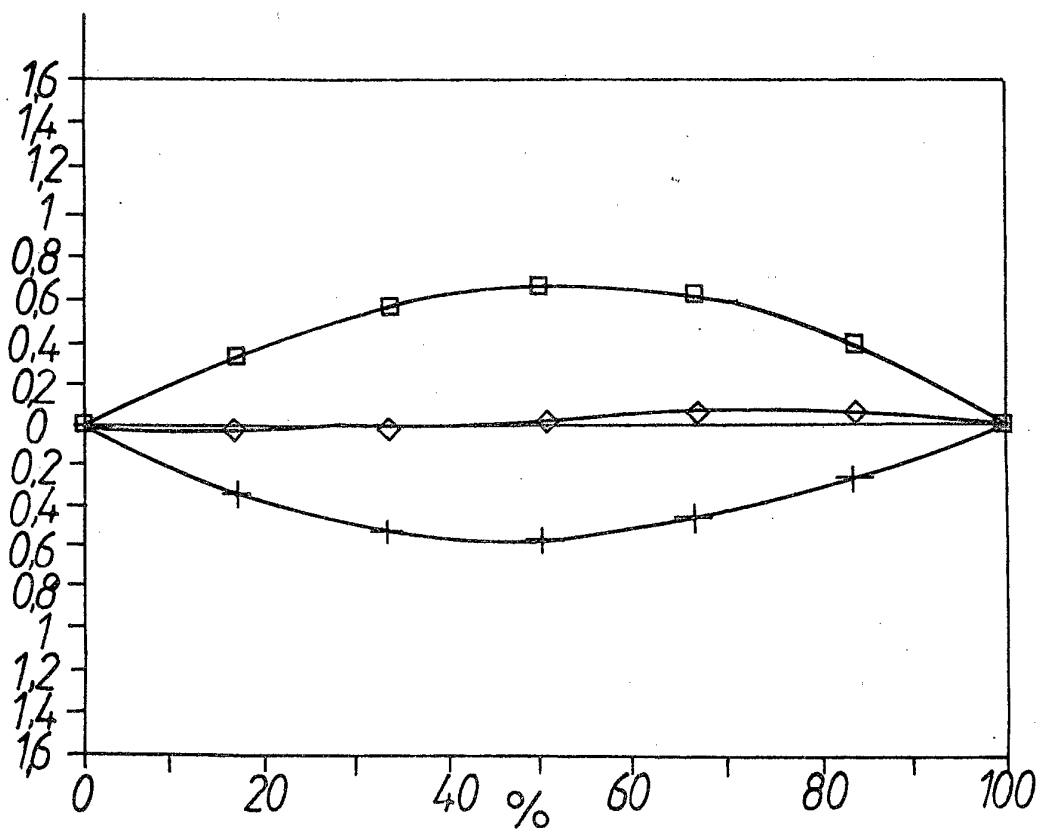


Fig.11