



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2011 00321

(22) Data de depozit: 07.04.2011

(41) Data publicării cererii:
30.10.2012 BOPI nr. 10/2012

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
OPTOELECTRONICĂ - INOE 2000,
STR.ATOMIȘTILOR NR.409, MĂGURELE,
IF, RO

(72) Inventatori:
• MICLOȘ SORIN, CALEA GRIVIȚEI
NR. 160, BL.B, SC. A, AP. 42, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;

• LĂNCRĂNجان ION IOAN-FERDINAND,
STR. VELEI NR. 2, BL. 2, SC. 2, AP. 57,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
• SAVASTRU DAN, STR. IANI BUZOIANI
NR.3, BL.16, SC.A, AP.2, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;
• TĂUTAN MARINA NICOLETA,
STR.EMIL RACOVIȚĂ NR.6, BL.R1, SC.2,
AP.45, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO

(54) **METODĂ NEINVAZIVĂ ȘI DISPOZITIV CU SENZOR
OPTOELECTRONIC DE TIP DFB-FL PENTRU
DETERMINAREA TIPULUI CURGERII AERULUI PE BORDUL
DE ATAC AL ARIPII UNUI AVION**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă neinvazivă și la un dispozitiv cu senzor optoelectronic de tip DFB-FL, pentru determinarea tipului curgerii aerului pe bordul de atac al aripii unui avion, prin măsurarea variației amplitudinii și frecvenței forței variabile corespunzătoare presiunii statice și aplicate normal pe suprafața aripii, într-un mod neinvaziv și fără a afecta caracteristicile materialului aripii. Metoda conform invenției constă în folosirea unui emițător (4) laser DFB-FL, pompat cu un fascicul laser emis de o diodă laser, și determinarea modificărilor puterii de ieșire a emițătorului (4) laser DFB-FL induse de variațiile neliniare ale indicelui de refracție al nucleului fibrei optice a emițătorului (4) laser DFB-FL, în funcție de mărirea forței variabile caracteristică presiunii statice a aerului, normală pe suprafața aripii avionului. Dispozitivul conform invenției pentru aplicarea metodei este alcătuit dintr-o diodă laser (1) de pompaj, trei conectori (2) pentru fibră optică, un multiplexor (3) cu divizarea lungimii de undă, un emițător (4) laser DFB-FL, o fotodiodă (5), un amplificator (6), un sistem (7) de achiziție date și un computer (8).

Revendicări: 2
Figuri: 3

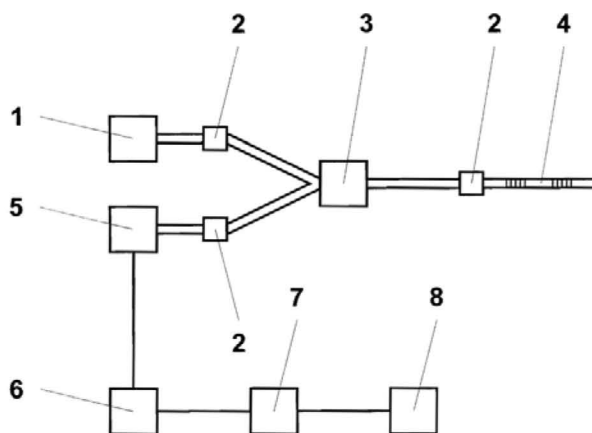
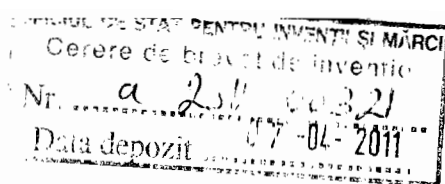


Fig. 3

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).





METODĂ NEINVAZIVĂ ȘI DISPOZITIV CU SENZOR OPTOELECTRONIC DE TIP DFB-FL PENTRU DETERMINAREA TIPULUI CURGERII AERULUI PE BORDUL DE ATAC AL ARIPII UNUI AVION

Invenția se referă la o metodă neinvazivă de determinare a tipului curgerii aerului pe bordul de atac al aripii unui avion cu ajutorul un emițător laser de tip DFB-FL (Distributed FeedBack Fiber Laser – laser cu fibră cu reacție inversă distribuită) și la un dispozitiv care aplică metoda.

Se cunoaște din literatură faptul că aerul, în mod real, chiar dacă are un regim de curgere declarat ca laminar, este caracterizat prin variații de presiune, corespunzătoare unor fenomene ondulatorii de presiune, unde de presiune. Criteriul de departajare dintre regimurile de curgere laminar și turbulent ale aerului este constituit de mărirea cu cel puțin un ordin de mărime a amplitudinii acestor unde de presiune și cu aproximativ două ordine de mărime a frecvenței acestor unde de presiune, de la o frecvență de ordinul a 100 Hz în cazul curgerii laminare la una de ordinul a 10 kHz în cazul curgerii turbulente.

Se cunosc metode ce folosesc dispozitive de tipul tubului Pitot, pentru determinarea presiunii aerului în proximitatea fuzelajului unei aeronave aflate în zbor. Aceste dispozitive modifica tipul curgerii aerului pe suprafața aripii fiind invazive, adică montate în afara fuzelajului sau aripii aeronavei și în curentul de aer. În acest sens amintim brevetele S.U.A. nr. 6711959 și 4404858 de determinare a vitezei și presiunii aerului în stratul de curgere de lângă fuzelajul sau aripa unei aeronave.

Dezavantajul principal al acestei soluții constă în aceea că dispozitivul de măsură, fiind montat în curentul de aer, prin crearea de turbulențe, modifică tipul curgerii aerului pe suprafața fuzelajului sau aripii unei aeronave aflate în zbor. De asemenea, un alt dezavantaj al folosirii dispozitivelor de tipul tubului Pitot constă în aceea că această soluție se bazează pe o metodă de măsură diferențială, a diferenței dintre presiunile dinamice ale curentului de aer și statice a aerului pe suprafața aripii. Utilizarea dispozitivelor de tipul tubului Pitot nu permite, date fiind principiul de funcționare și, implicit, modul de construcție, determinarea zonei de tranziție de pe suprafața exterioară, de atac, a aripii unei aeronave aflate în zbor, dintre zonele de curgere laminară și turbulentă a aerului. Acest fapt rezultă direct din aceea că dispozitivele de tipul tubului Pitot sunt invazive, fiind introduse în curentul de aer. De asemenea, un alt dezavantaj al dispozitivelor de tipul tubului Pitot, conform brevetelor US 6711959 și 4404858, constă în aceea că bazându-se pe un principiu diferențial, al măsurării presiunii



aerului pe două direcții perpendiculare, nu este permisă măsurarea variațiilor de presiune a aerului în cele două regimuri de curgere, laminar și turbulent.

Metoda conform invenției înlătură dezavantajele arătate mai înainte prin aceea că permite evaluarea directă a amplitudinii și frecvenței undelor de presiune caracteristice aerului aflat în curgere pe suprafața exterioară a aripii unei aeronave aflate în zbor, unde având direcția de propagare paralelă cu suprafața fuzelajului aeronavei, deci paralelă și cu suprafața aripii. Conform literaturii, propagarea undelor de presiune caracteristice pentru curgerea aerului (laminară sau turbulentă) este preponderent transversală, fiind însoțită de ciocniri ale maximele de presiune de suprafața fuzelajului aeronavei, deci a aripii aeronavei.

Problema tehnică pe care prezenta invenție își propune să o rezolve constă în determinarea tipului curgerii aerului pe bordul de atac al aripii unui avion într-un mod neinvaziv, determinând linia de tranziție și separație dintre straturile de curgere laminară și turbulentă a aerului prin evaluarea creșterii amplitudinii variațiilor de presiune caracteristice curgerii turbulente în raport cu cea laminară, folosind un senzor optoelectronic de tip DFB-FL.

Elementul principal al metodei conform invenției constă în utilizarea unui senzor optoelectronic de tip DFB-FL. Acest senzor este practic un oscilator laser constituit dintr-o fibră optică monomod al cărui miez este dopat cu ioni trivalenți de erbium (Er^{3+}) și în care a fost creată cel puțin o rețea Bragg, adică o zonă din miez în care a fost creată o modulație spațială longitudinală, aproximativ sinusoidală, a indicelui de refracție al miezului fibrei optice. Din construcție, valorile indicilor de refracție ai miezului și învelișului precum și geometria fibrei optice sunt astfel alese încât semnalul laser generat este format din două moduri de oscilație având frecvențele de oscilație de valori extrem de apropiate dar diferite.

Funcționarea unui senzor optoelectronic de tip DFB-FL poate fi analizată considerând ecuațiile cuplate de propagare ale amplitudinii câmpului electric al undelor electromagnetice care se propagă în sensul pozitiv al axei fibrei optice (unda „directă”, de amplitudine A_f) și în sensul negativ axei fibrei optice (unda „inversă”, de amplitudine A_b):

$$i \frac{\partial A_f}{\partial z} + \frac{i}{v_g} \frac{\partial A_f}{\partial t} + \delta A_f + \kappa A_b + \gamma \left(|A_f|^2 + 2|A_b|^2 \right) A_f = 0 \quad (1)$$

$$i \frac{\partial A_b}{\partial z} + \frac{i}{v_g} \frac{\partial A_b}{\partial t} + \delta A_b + \kappa A_f + \gamma \left(|A_f|^2 + 2|A_b|^2 \right) A_b = 0 \quad (2)$$

unde δ este factorul de dezacordare a frecvențelor A_f și A_b , v_g este viteza de grup caracteristică oscilatorului laser considerat, κ este coeficientul de cuplaj dintre A_f și A_b iar γ este un coefi-



cient depinzând de ponderea fenomenelor optice neliniare de auto și intermodulare a fazei pentru A_f și A_b , fiind deci o constantă de material, amplitudinea câmpului electric reprezentînd suma amplitudinilor A_f și A_b .

Rezolvarea sistemului de ecuații diferențiale cuplate definit mai sus permite să fie definiți o serie de parametri caracteristici pentru oscilatorul laser analizat. În primul rând valoarea maxima a coeficientului de reflexive al rețelei Bragg, r_g , la lungimea de undă Bragg,

$$r_g = \frac{ik \sin(qL)}{q \cos(qL) - i\delta \sin(qL)} \quad (3)$$

unde L este lungimea rețelei Bragg.

Lungimea de undă Bragg, λ_B , este definită prin formula:

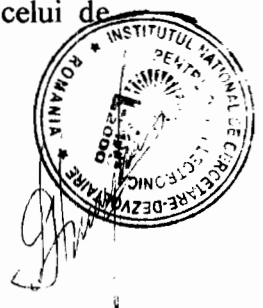
$$\lambda_B = 2n_{eff} \Lambda \quad (4)$$

unde n_{eff} este valoarea efectivă a indicelui de refractive al nucleului fibrei optice iar Λ este perioada modulației spațiale a indicelui de refracție, perioada rețelei Bragg. Modul de funcționare a senzorului se bazează pe măsurarea amplitudinii fenomenelor optice neliniare care se produc în fibra optică din care este constituit oscilatorul laser de tip DFB-FL. Aceste fenomene optice neliniare se produc datorită densităților mari de putere a câmpului electromagnetic care este radiației laser pe suprafețe mici de ordinul μm^2 . Amplitudinea acestor fenomene neliniare este măsurabilă prin variații ale puterii laser emise de oscilatorul DFB-FL, la lungimi de undă fixe sau prin modificări măsurabile ale λ_B . Deoarece lungimea de undă Bragg depinde de perioada de modulație spațială și de valoarea efectivă a indicelui de refracție, variațiile presiunii P și temperaturii T ale mediului în care este montat oscilatorul DFB-FL induc variații ale indicelui de refracție al fibrei optice exprimabile prin formula

$$d\lambda_B = \left[2\lambda_{B,0} \left(\frac{\partial n_{eff}}{\partial P} \right) + 2n_{eff,0} \left(\frac{\partial \lambda_B}{\partial P} \right) \right] dP + \left[2\lambda_{B,0} \left(\frac{\partial n_{eff}}{\partial T} \right) + 2n_{eff,0} \left(\frac{\partial \lambda_B}{\partial T} \right) \right] dT \quad (5)$$

Variațiile valorii efective a indicelui de refracție al nucleului fibrei optice sunt exprimate prin birefrința B , care este o măsură a amplitudinii fenomenelor optice neliniare care se produc în interiorul oscilatorului DFB-FL. Birefrința este datorată modificărilor suferite de constantele de propagare ale radiației laser prin fibra optică, fiind o funcție de direcția de polarizare a câmpului electromagnetic în raport cu rețeaua Bragg, definită față de două axe, paralelă și perpendiculară față de direcția de modulare spațială a indicelui de refracție al miezului fibrei optice.

Birefrința, B , este definită prin formula:



$$B = \frac{|n_{\parallel} + n_{\perp}|}{n_0} = B_0 + \frac{|\Delta n_{\parallel} + \Delta n_{\perp}|}{n_0} \quad (6)$$

unde n_0 este valoarea inițială, la intensități mici ale câmpului electromagnetic, a indicelui de refracție al miezului fibrei optice, n_{\parallel} și n_{\perp} sunt valorile indicelui de refracție corespunzătoare celor două axe mai sus definite, paralelă și perpendiculară față de direcția de modulare spațială a indicelui de refracție al miezului fibrei optice.

Metoda neinvazivă cu senzor optoelectronic de tip DFB-FL pentru determinarea tipului curgerii aerului pe bordul de atac al aripii unui avion, conform invenției, constă în aceea că se folosește un dispozitiv optoelectronic laser cu fibră având nucleul dopat cu ioni de erbiu trivalenți (Er^{3+}) și cu indice de refracție modulat sinusoidal sub forma unei rețele de difracție Bragg, denumit emițător laser DFB-FL, montat cât mai aproape de suprafața aripii avionului, într-un strat de parafină și pompat cu un fascicul laser de pompaj cu lungimea de undă de 980 nm, emis în undă continuă de către o diodă laser și se determină modificările puterii de ieșire a emițătorului laser DFB-FL la lungimi de undă din domeniul 1450-1550 nm, modificări induse de variațiile neliniare ale indicelui de refracție al nucleului fibrei optice a emițătorului laser DFB-FL funcție de mărimea forței variabile caracteristică presiunii statice a aerului normală pe suprafața aripii avionului, se măsoară amplitudinea acestei forțe și frecvența ei de aplicare și se determină caracterul curgerii aerului ca fiind dependent de mărimea și frecvența forței variabile caracteristică presiunii statice a aerului, mărimea și frecvența fiind cu cel puțin un ordin de mărime mai mare în cazul curgerii turbulente în comparație cu curgerea laminară.

Dispozitivul conform invenției este alcătuit dintr-o diodă laser de pompaj ce injectează o radiație laser pe lungimea de undă de 980 nm sau 1480 nm printr-un un multiplexor cu divizarea lungimii de undă (WDM – wavelength division multiplexor) în emițătorul laser DFB-FL plasat într-o mică degajare liniară la mică adâncime sub suprafața aripii, încorporat în parafină, radiație care este absorbită de ionii activi laser (Er^{3+}) asigurând generarea efectului laser în emițătorul DFB-FL, care generează un semnal laser a cărui putere la o lungime de undă situată în apropierea a 1550 nm variază funcție de mărimea forței corespunzătoare presiunii statice a aerului aflat în curgere față de suprafața aripii, semnal ce este recepționat de o fotodiodă ce generează un semnal electric amplificat de un amplificator și preluat de un sistem de achiziție de date într-un computer pentru prelucrare.

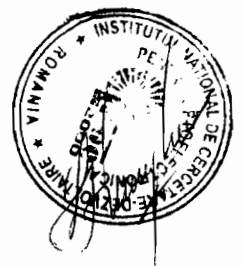
Invenția prezintă următoarele avantaje:



- Este neinvazivă față de curgere aerului pe suprafața aripii avionului, nici un fel de componentă mecanică aferentă dispozitivului de detecție brevetat nefiind introdusă în curentul de aer.
- Este sensibilă la valori mici ale amplitudinii forței aplicate pe o direcție normală la suprafața aripii.

În fig. 1 este prezentată schematic, într-o secțiune transversală, problema tehnică pe care prezenta invenție își propune să o rezolve. Sunt figurate zonele de presiune statică negativă (1), pozitivă (2), punctul de stagnare (3) din vârful aripii, vectorul vitează a curgerii aerului (4), stratul de curgere laminară a aerului (5), punctul de trecere/tranziție dintre curgerile aerului laminară și turbulentă (6), stratul de curgere turbulentă a aerului (7), linia de curgere a aerului (8), punctul de desprindere/separare a curentului de aer de suprafața aripii (9) și zona de desprinderii curgerii aerului de suprafața aripii (10). În fig. 2 este prezentată schematic modalitatea de montare a senzorului optoelectronic de tip DFB-FL în aripi a unei aeronave. Sunt figurate curentul de aer (1), zona de curgere laminară a aerului (2), zona de curgere turbulenă a aerului (3) și senzorul DFB-FL (4). Fig. 3 prezintă un mod de realizare a invenției.

O formă preferată de realizare a invenției se prezintă în continuare, în legătură cu fig. 3. Dispozitivul de determinare neinvazivă a tipului curgerii aerului pe bordul de atac al aripii unui avion realizat conform invenției este alcătuit dintr-o diodă laser de pompaj (1) ce injectează o radiație laser pe lungimea de undă de 980 nm sau 1480 nm printr-un multiplexor cu divizarea lungimii de undă (3) în emițătorul laser DFB-FL (4) plasat într-o mică degajare liniară la mică adâncime (0,2 .. 0,5 mm) sub suprafața aripii, încorporat în parafină, radiație care este absorbită de ionii activi laser (Er^{3+}) asigurând generarea efectului laser în emițătorul (4), care generează un semnal laser a cărui putere la o lungime de undă situată în apropierea a 1550 nm variază funcție de mărimea forței corespunzătoare presiunii statice a aerului aflat în curgere față de suprafața aripii, semnal ce este recepționat de o fotodiodă (5), conectată ca și dioda (1) și emițătorul (4) la multiplexorul (3) prin conectorii pentru fibră optică (2), generând un semnal electric amplificat de un amplificator (6) și preluat de un sistem de achiziție de date (7) într-un computer (8) pentru prelucrare.



REVENDICĂRI

1. Metodă de măsură neinvazivă de determinare a tipului laminar sau turbulent al curgerii aerului peste suprafața exterioară, denumită extradados, de atac a aripii unui avion **caracterizată prin aceea că** se folosește un dispozitiv optoelectronic cu fibră laser având nucleul dopat cu ioni de erbiu trivalenți (Er^{3+}) și cu indice de refracție modulat sinusoidal sub forma unei rețele de difracție Bragg, denumit emițător laser DFB-FL, montat cât mai aproape de suprafața aripii avionului, într-un strat de parafină și pompat cu un fascicul laser de pompaj cu lungimea de undă de 980 nm, emis în undă continuă de către o diodă laser și se determină modificările puterii de ieșire a emițătorului laser DFB-FL la lungimi de undă din domeniul 1450-1550 nm, modificări induse de variațiile neliniare ale indicelui de refracție al nucleului fibrei optice a emițătorului laser DFB-FL funcție de mărimea forței variabile caracteristică presiunii statice a aerului normală pe suprafața aripii avionului, se măsoară amplitudinea acestei forțe și frecvența ei de aplicare și se determină caracterul curgerii aerului ca fiind dependent de mărimea și frecvența forței variabile caracteristică presiunii statice a aerului, mărimea și frecvența fiind cu cel puțin un ordin de mărime mai mare în cazul curgerii turbulente în comparație cu curgerea laminară.

2. Dispozitiv de determinare neinvazivă a tipului laminar sau turbulent al curgerii aerului peste suprafața exterioară, denumită extradados, de atac a aripii unui avion prin metoda definită în revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-o diodă laser de pompaj (1) ce injectează o radiație laser pe lungimea de undă de 980 nm sau 1480 nm printr-un un multiplexor cu divizarea lungimii de undă (WDM – wavelength division multiplexor) (3) în emițătorul laser DFB-FL (4) plasat într-o mică degajare liniară la mică adâncime (0,2 .. 0,5 mm) sub suprafața aripii, încorporat în parafină, radiație care este absorbită de ioni activi laser (Er^{3+}) asigurând generarea efectului laser în emițătorul (4), care generează un semnal laser a cărui putere la o lungime de undă situată în apropierea a 1550 nm variază funcție de mărimea forței corespunzătoare presiunii statice a aerului aflat în curgere față de suprafața aripii, semnal ce este recepționat de o fotodiodă (5), conectată ca și dioda (1) și emițătorul (4) la multiplexorul (3) prin conectorii pentru fibră optică (2), generând un semnal electric amplificat de un amplificator (6) și preluat de un sistem de achiziție de date (7) într-un computer (8) pentru prelucrare.



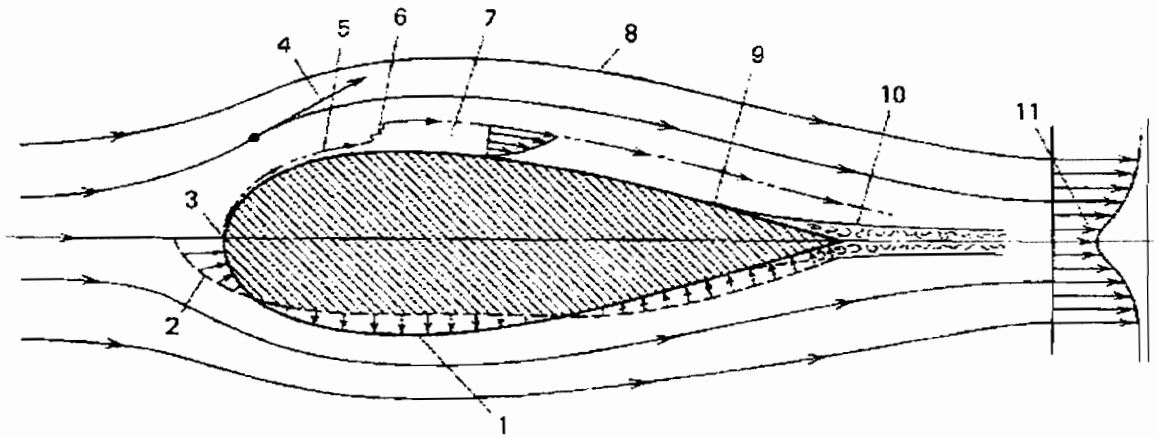
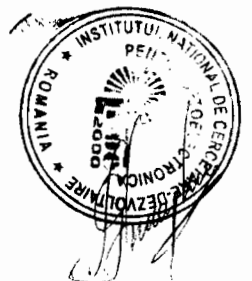


Fig.1



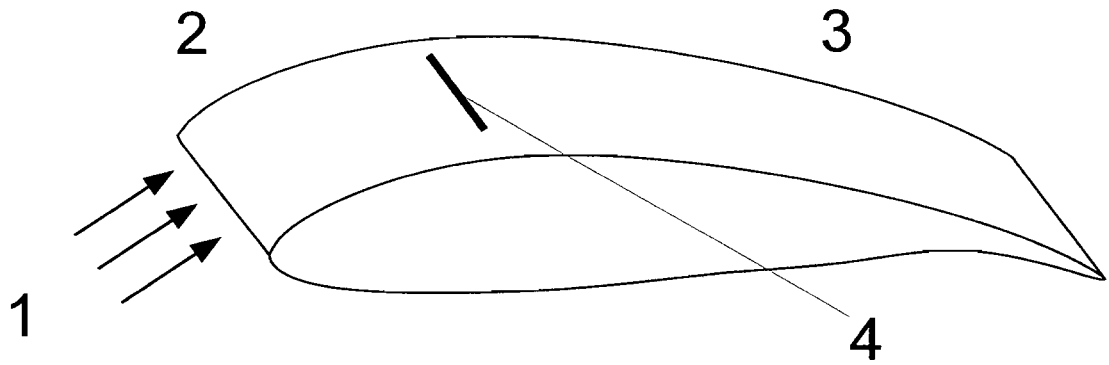
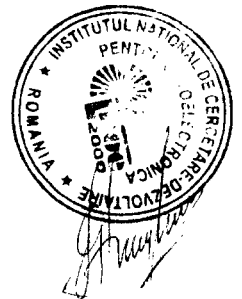


Fig. 2



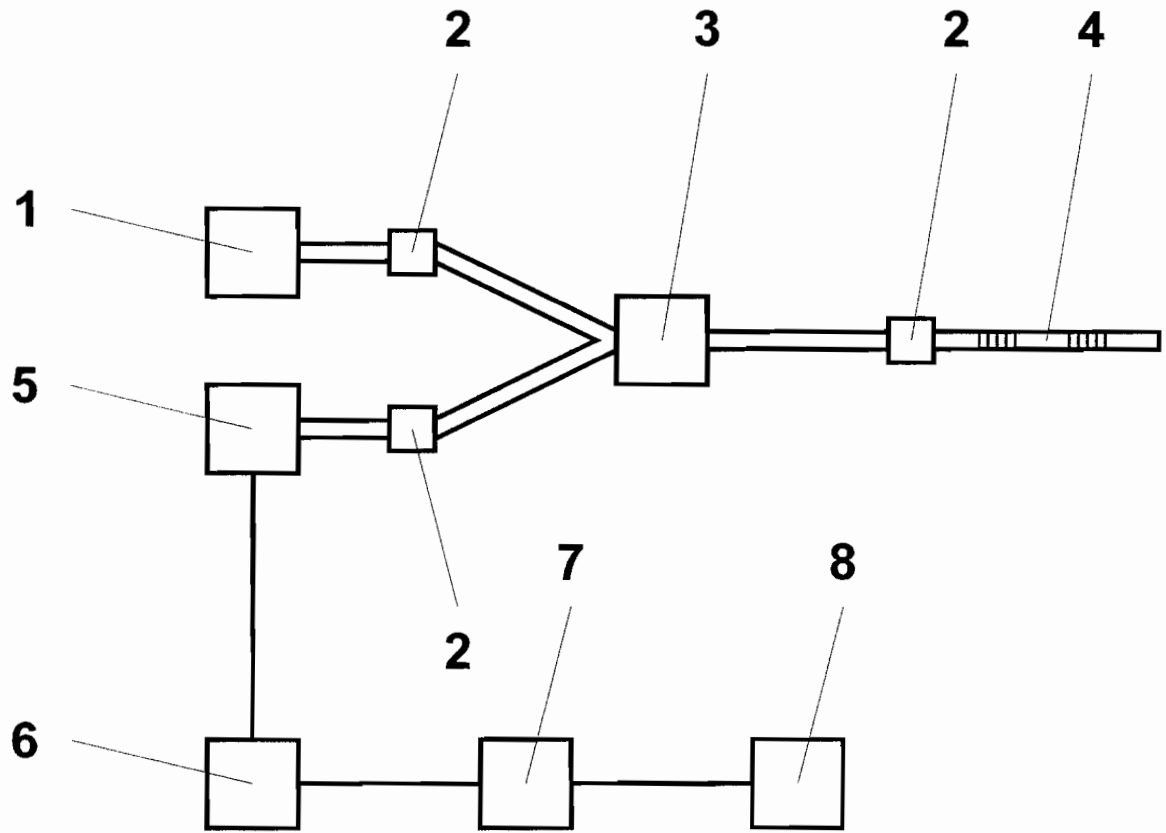


Fig. 3

