

(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00771

(22) Data de depozit: 28/09/2017

(41) Data publicării cererii:
29/03/2019 BOPI nr. 3/2019

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA "ȘTEFAN CEL MARE"
DIN SUCEAVA, STR.UNIVERSITĂȚII NR.13,
SUCEAVA, SV, RO

(72) Inventatori:

• GUTT GHEORGHE, STR. VICTORIEI,
NR.61, SAT SF.ILIE-ȘCHEIA, SV, RO;
• POPA VALENTIN, SAT SF.ILIE-ȘCHEIA,
STR.VICTORIEI NR.61, SUCEAVA, SV, RO;
• DIMIAN MIHAI,
STR. PROF. LECA MORARIU, NR. 11A,
BL. A5, SC. A, AP.18, SUCEAVA, SV, RO

(54) SISTEM AUTOMAT DE FOCALIZARE PENTRU SPECTROMICROSCOAPE RAMAN

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un spectromicroscop Raman cu sistem automat de focalizare optică, ce permite atât studiul microscopic în domeniul spectral vizibil, cât și analiza spectrometrică calitativă și cantitativă a unei materii solide sau semisolidă, în domeniul spectral infraroșu. Spectromicroscopul conform invenției cuprinde un obiectiv (A) optic, un sistem (B) de control al deplasării, un tub (C) optic, o sursă (D) de radiație policromatică, o sursă (E) de radiație monocromatică laser, cu lungimea de undă de 1064 nm, un spectrometru (F) Raman, un sistem (G) optoelectronic pentru achiziția imaginilor de microscopie optică, un calculator (H) electronic și un software (I) specializat, precum și un sistem (J) interferometric Michelson, pentru calibrarea opticii active a obiectivului (A) optic.

Revendicări: 7
Figuri: 5

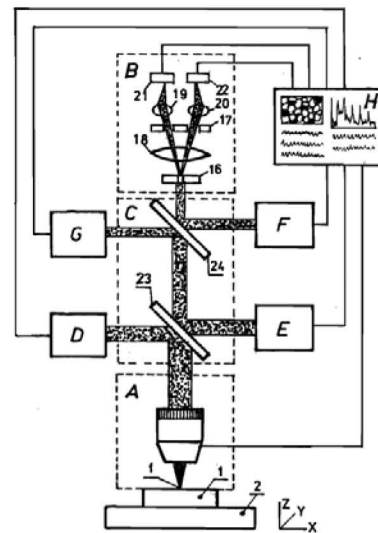


Fig. 2



SISTEM AUTOMAT DE FOCALIZARE PENTRU SPECTROMICROSCOAPE RAMAN

Invenția se referă la un sistem automat de focalizare optică, ce permite în condiții de înaltă rezoluție microscopică și rezoluție spectrală, în același loc și în același timp, atât studiul microscopic în domeniul spectral vizibil cât și analiza spectrometrică calitativă și cantitativă Raman, a unei materii solide sau semisolide, cu o radiație monocromatică de excitație având lungimea de undă 1064 nm, în domeniul spectral infraroșu. Invenția poate fi materializată industrial într-un spectromicroscop Raman având o rezoluție optică și o rezoluție spectrală superioară. De asemenea, sistemul poate fi implementat pe spectromicroscopie Raman în producție cât și pe spectromicroscopie Raman în exploatare curentă. Mai mult, structura modulară a sistemului permite transformarea unor microscopie optice și a unor spectrometre Raman independente în spectromicroscopie Raman performante.

Spectromicroscopia reprezintă un mijloc de investigare modern la care se îmbină, sub forma unei structuri unitare, un spectrometru și un microscop. Spectromicroscopia prezintă marele avantaj că permite studiul materiei cercetate, exact în același loc și în același timp, atât sub aspect microscopic cât și sub aspect spectral. La ora actuală, există spectromicroscopie în domeniul vizibil, spectromicroscopie în domeniul infraroșu și spectromicroscopie Raman, cele din urmă denumite de multe ori impropriu microscopie Raman. Atât la studiul microscopic cât și la analiza spectrală Raman rezoluția cea mai înaltă se atinge atunci când materia cercetată se găsește în punctul focal. La microscopie lucrul în afara punctului focal duce la imagine neclară, iar la spectroscopie duce la reducerea selectivității, a preciziei și a sensibilității, cu efect negativ asupra limitei de detecție la analiza urmelor.

La studiul microscopic al materiei cercetate, în domeniul spectral vizibil, rezoluția optică maximă este definită ca fiind distanța minimă la care două puncte pot fi distinse clar într-o imagine microscopică a materiei de cercetat. La analiza spectrometrică rezoluția este definită ca fiind raportul $\lambda/\delta\lambda$ unde $\delta\lambda$ este cea mai mică distanță, exprimată ca diferență de lungimi de undă, care o prezintă două linii spectrale pentru a fi puse în evidență cu un spectrometru, iar λ reprezintă valoarea medie a lungimilor de undă a celor două linii spectrale.

La ora actuală, sunt folosite trei tipuri de spectromicroscopie Raman, primul are valoarea lungimii de undă a radiației de excitație Laser la 532 nm în domeniul spectral vizibil, al doilea la 785 nm la limita domeniului spectral vizibil cu domeniul spectral infraroșu și al treilea în domeniul spectral infraroșu cu lungimea de undă la 1064 nm, cel din urmă cunoscând în ultimul timp o dezvoltare tot mai mare.

La un spectromicroscop RAMAN, cu lungimea de undă a radiației Laser de 532 nm sau de 785 nm, masa de lucru împreună cu materia cercetată se deplasează manual sau motorizat pe verticală până când pe oculare sau pe monitor se obține o imagine clară,

cea ce corespunde cu atingerea punctului focal pentru studiul microscopic, iar rezultatul este o imagine microscopică. După achiziția optoelectronică a imaginii microscopice se pornește Laser-ul, care prin radiația monocromatică provoacă excitarea materiei cercetate. Rezultatul îl reprezintă o spectrogramă de fluorescență Raman, care prin intermediul liniilor spectrale Stokes, oferă informații despre speciile chimice existente în materia analizată precum și despre concentrațiile acestor specii. Aceste tipuri de spectromicroscopie Raman folosesc obiective optice apocromate sau planapocromate, care acoperă un domeniu de lungimi de undă cuprins între 390 nm (violet) și 780 nm (roșu) pe care le concentrează într-un singur punct focal (situat la cca.580 nm după producătorul obiectivului optic) în domeniul spectral galben-verde.

La un spectromicroscop RAMAN cu lungimea de undă a radiației Laser de 1064 nm, pentru studiul microscopic al materiei cercetate se procedează în prima parte ca în cazul precedent rezultând o imagine microscopică salvată optoelectronic. În partea a doua, în vederea analizei spectrometrice, se pornește Laser-ul după care se deplasează manual sau motorizat, în mod repetat, pe verticală, masa spectromicroscopului împreună cu materia cercetată urmărind pe monitorul calculatorului electronic obținerea unei înălțimi maxime pentru liniile spectrale Stokes din spectrograma Raman. La atingerea înălțimii maxime a liniilor spectrale se face achiziția optoelectronică a spectrogramei, fiind îndeplinită condiția ca materia cercetată să se găsească în punctul focal al lentilelor de focalizare a spectromicroscopului Raman.

Acest sistem și mod de lucru prezintă dezavantaje pentru spectromicroscopie Raman cu lungimea de undă a radiației Laser de excitație situată la 1064 nm, din cauza faptului că materia cercetată este deplasată de mai multe ori prin punctul focal real până la luarea deciziei asupra poziției care oferă cea mai bună rezoluție spectrală. La acest tip de Laser, din cauza densității energetice mari în punctul focal, căutările repetate ale punctului focal provoacă modificarea compoziției chimice a materiei cercetate și chiar descompunerea unor componente ale acesteia. Pe de altă parte, punctul focal stabilit pe bază vizuală nu are o reproductibilitate bună de la proba la probă, cu efecte negative asupra preciziei, sensibilității și selectivității analizei spectrale Raman.

În scopul focalizării automate, rapide și precise, la microscopie optice folosite în domeniul spectral vizibil, autorilor le este cunoscută soluția descrisă în documentul D1 intitulat „Obiectiv de microscop cu focalizare automată”, Dosar OSIM A00661/15.09.2017. Obiectivul de microscop, conform acestei invenții, folosește o optică formată dintr-un actuator piezoelectric de cuarț care deplasează o oglindă metalică concavă sau o oglindă metalică convexă înspre și dinspre materia cercetată, controlul deplasării fiind realizat cu un traductor capacitiv. Din structura unui microscop optic, care folosește un obiectiv de această natură, mai face parte un sistem optoelectronic de achiziție de imagini, un sistem optoelectronic de măsurare a intensității luminoase, o unitate diferențială de căutare a punctelor focale, o unitate de prescriere și alimentare, o unitate senzorială de control a deplasării, un calculator electronic și un soft specializat. Dezavantajul soluției constă în necesitatea folosirii unui traductor de deplasare și în folosirea doar a unui singur sistem

de căutare a punctului focal bazat pe fotocurentul maxim măsurat pentru radiația luminoasă reflectată de pe materia cercetată.

O soluție cunoscută și aplicată la focalizarea unui fascicul laser din domeniul spectral infraroșu se aplică la tăierea metalelor cu Laser, unde în vederea focalizării automate sunt folosite oglinzi concave metalice de focalizare din cupru lustruit ce au pereți dubli între care se introduce apa distilată. Printr-o buclă de reglare automată este controlată și reglată presiunea apei, care modifică concavitățile oglinzii, astfel încât punctul focal, garanția a randamentului de tăiere maxim, să coboare pe adâncimea materialului metalic tăiat pe măsura debitării acestuia. Senzorul din bucla de reglare automată a punctului focal Laser este un pirometru electronic care măsoară temperatura metalului din zona punctului focal. Din motive dimensionale, de precizie și de viteză de lucru, soluția aceasta este neaplicabilă la spectromicroscopie Raman.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în realizarea unei optici adaptive folosite la spectromicroscopie Raman, cu lungimea de undă a radiației monocromatice de excitare de 1064 nm, cu scopul obținerii unei rezoluții microscopice și spectrale ridicate atât pentru studiul microscopic al materiei cercetate cât și pentru analiza spectrometrică Raman a acesteia.

O rezoluție microscopică și spectrală înaltă pentru spectromicroscopie de tip Raman se poate asigura doar prin căutarea cu mare viteză și precizie a punctului focal atât pentru radiația luminoasă policromatică din domeniul spectral vizibil, cât și a punctului focal pentru radiația Laser monocromatică de excitație din domeniul spectral infraroșu. Soluțiile conform invenției se aplică spectromicroscopelor Raman, care au lungimea de undă a radiației de excitare monocromatice Laser situată la 1064 nm, cu folosirea unui obiectiv cu optică adaptivă având grupul de lentile necorectate cromatic. Aplicarea invenției asigură căutarea automată a punctelor focale de pe linia focală a radiației luminoase policromatice din domeniul spectral vizibil, folosită pentru studiul microscopic, precum și a punctului focal al radiației Laser monocromatice din domeniul spectral infraroșu folosită ca sursă de excitație în spectrometria Raman. La atingerea unui punct focal în domeniul spectral vizibil are loc achiziția și stocarea optoelectronică a unei imagini microscopice pentru fiecare punct focal atins în timpul scanării de-a lungul liniei focale. La interval de milisecunde, după ce a avut loc căutarea punctelor focale din domeniul vizibil, urmează căutarea punctului focal al radiației Laser monocromatice având lungimea de undă 1064 nm. Rezultatul analizei complete îl reprezintă o imagine microscopică 3 D cu rezoluție înaltă și o spectrogramă Raman tot cu o rezoluție înaltă.

Conform invenției, pentru căutarea punctelor focale din domeniul spectral vizibil și a punctului focal al radiației Laser din domeniul spectral infraroșu, urmată de focalizare automată, se folosesc obiective cu optică adaptivă, în compunerea cărora intră lentile de focalizare necorectate cromatic și un actuator piezoelectric neinerțial, fără frecare, care realizează pe o plajă de cca 700 nm deplasarea alternativă rapidă, înspre și dinspre materia cercetată, a unei lentile din grupul de lentile de focalizare a obiectivului spectromicroscopului Raman. În felul acesta, este posibilă focalizarea radiației

policromatice în toate punctele focale de pe linia focală a domeniului spectral vizibil corelată cu achiziția automată a imaginilor microscopice din aceste puncte focale precum și focalizarea radiației monocromatice cu lungimea de undă 1064 nm, din domeniul spectral infraroșu, corelată cu achiziția automată a spectrului Raman. Calibrarea deplasărilor actuatorului piezoelectric se face cu un interferometru Michelson, o singură dată, la fabricarea obiectivului cu optică activă.

Optoelectronica ce asistă optica activă a obiectivului este formată dintr-un senzor CCD pentru imagistica microscopică, un senzor CCD pentru analiza dinamică a intensității radiației luminoase reflectate de pe materia cercetată, un senzor Diode-Array pentru imagistica spectrală și alți doi senzori Diode-Array pentru realizarea comparării de fază.

Pentru căutarea și reglarea automată a punctului focal în domeniul spectral vizibil este folosită o tehnică adaptivă de focalizare, de tip dual, bazată atât pe compararea de fază a radiației luminoase cât și pe compararea dinamică a intensității luminoase reflectate de pe materia cercetată. În felul acesta este posibilă folosirea avantajelor ambelor tehnici, respectiv: viteză mare de lucru și recunoașterea direcției de deplasare a lentilei de focalizare în căutarea punctului focal la tehnica bazată pe compararea de fază și precizie ridicată la tehnica de focalizare automată bazată pe analiza dinamică a intensității radiației luminoase.

Folosirea de lentile de focalizare necorectate cromatic și a unei optici active de deplasare a acestora oferă avantajul obținerii unei rezoluții optice ridicate la studiul microscopic în domeniul vizibil, iar în domeniul infraroșu permite plasarea materiei cercetate în punctul focal al radiației Laser având lungimea de undă de 1064 nm, ceea ce oferă garanția unei rezoluții spectrale ridicate.

Se dau în continuare două exemple de realizare a invenției, în legătură cu Fig.1, Fig.2, Fig.3 și Fig.4, care reprezintă:

Fig.1 - Schema de principiu privind căutarea punctului focal al radiației policromatice și al radiației monocromatice Laser având lungimea de undă de 1064 nm

Fig.2 - Schema optică a unui spectromicroscop Raman cu optică activă conform invenției

Fig.3 - Vedere și secțiune printr-un obiectiv optic conform invenției, echipat cu actuator piezoelectric

Fig.4 - Modalitatea de calibrare a deplasărilor punctului focal cu ajutorul unui interferometru Michelson

În compunerea unui spectromicroscop pentru studiul microscopic și pentru analiza spectrală Raman la lungimea de undă 1064 nm a radiației de excitare monocromatice a materiei 1 cercetate, poziționată pe o masă 2 de deplasare pe verticală, intră un obiectiv A optic de microscop, un sistem B de control al deplasării, un tub C optic, o sursă D de radiație policromatică, o sursă E de radiație monocromatică Laser cu lungimea de undă de 1064 nm, un spectrometru F Raman, un sistem G optoelectronic pentru achiziția imaginilor de microscopie optică, un calculator H electronic și un soft I

specializat. Pentru calibrarea opticii active a obiectivului optic **A** este folosit un sistem **J** interferometric Michelson. Rezultatul folosirii spectromicroscopului Raman îl reprezintă o imagine **m** microscopică și o spectrogramă **s** Raman, ambele de înaltă rezoluție.

Obiectivul **A** de microscop, conform invenției, este compus din două corpuri **3** și **4** metalice concentrice rigidizate cu un șurub **5** înecat, un actuator **6** piezoelectric, două lentile **7** și **8** de focalizare necorectate cromatic, două armături **9** și **10** metalice, un canal **c** pentru cablu electric, un cablu **11** de alimentare electrică a actuatorului **6** piezoelectric, două inele **12** și **13** de cupru lipite nedemontabil cu o rășină **14** epoxidică într-un locaș **15** circular și folosite pentru conectarea electrică interioară, prin intermediul tubului **C** optic, cu sistemul **B** de control al deplasării.

Sistemul **B** de control al deplasării este compus din două fante **16** și **17**, trei lentile **18**, **19** și **20** și două detectoare optice **21** și **22** de tip Diode Array.

Tubul optic **C** are în componere două oglinzi **23** și **24** semitransparente.

Sistemul de calibrare a deplasării actuatorului **6** piezoelectric este format dintr-un interferometru **J** Michelson, o oglindă **o** metalică realizată pe un capac **24** înfiletat pe corpul **4** metalic al obiectivului și un element **25** de contact electric ce are la rândul lui în componere două tije **26** și **27** cilindrice de contact realizate din cupru argintat, apăsat elastic de două arcuri **28** și **29** de compresiune, un șurub **30** de fixare și strângere a obiectivului **A** optic de microscop

Modul de lucru cu un spectromicroscop conform invenției presupune două nivele de căutare succesive a punctelor focale specifice microscopiei f_m și spectrometriei Raman f_s .

Primul nivel de căutare este realizat cu un servomotor electric ce deplasează masa **2** a spectromicroscopului cu materia **1** cercetată pe verticală până când aceasta se situează în primul punct focal f_m care pe axa optică are poziția cea mai îndepărtată față de ultima lentilă din obiectivul microscopului și corespunde lungimilor de undă din zona roșie a spectrului policromatic vizibil. Atingerea acestui punct focal este sesizată automat de soft-ul **I** specializat care folosește analiza dinamică a intensității maxime a radiației luminoase reflectate de pe materia cercetată pentru poziționarea pe verticală a mesei spectromicroscopului.

Al doilea nivel de căutare este automat și este asigurat de actuatorul **6** piezoelectric împreună cu soft-ul **I** specializat. După atingerea punctului focal f_m în domeniul spectral roșu, realizată prin intermediul primului nivel de căutare, are loc scanarea, din aproape în aproape, a lungimilor de undă de pe linia focală a domeniului spectral vizibil, prin deplasarea lentilei **7** de focalizare de către actuatorul **6** piezoelectric de-a lungul liniei f_f focale din domeniul spectral vizibil. Sesizarea atingerii punctelor focale f_m se face prin tehnica duală descrisă care ține cont de atât de diferența zero de fază, dată de bucla de reglare bazată pe compararea de fază, cât și de fotocurentul maxim dat de senzorul spectrometrului RAMAN, sau după caz, la spectrometrele RAMAN cu transformată Fourier, de fotocurentul maxim dat de senzorul optic din interferometrul Michelson.

Rezultatul acestei scanări sunt sute de imagini microscopice redade prin intermediul soft-ului specializat sub forma unei tomograme 3D sau sub forma unor imagini individuale derulate cu diverse viteze la cerere. În continuare, are loc căutarea punctului focal f_s al radiației Laser situat la lungimea de undă de 1064 nm. În acest scop este folosită numai tehnica de analiză dinamică a intensității radiației luminoase reflectate de pe materia cercetată. Atunci când intensitatea radiației reflectate este maximă materia analizată se găsește în punctul focal f_s , în care are loc achiziția și memorarea spectrogramei Raman.

REVEDICĂRI

1. **Invenția Spectromicroscop Raman în compunerea căruia intră un actuator (6) piezoelectric, un sistem de focalizare bazat pe comparare de fază și un sistem focalizare bazat pe analiza dinamică a intensității radiației luminoase caracterizat prin aceea că în vederea căutării automate a punctelor focale (f_m), specifice microscopiei de pe linia (f_f) focală a radiației luminoase din domeniul spectral vizibil precum și în vederea căutării automate a punctului focal (f_s) al radiației monocromatice, cu lungimea de undă de 1064 nm din domeniul spectral infraroșu, specific spectrometriei Raman, cu scopul obținerii unei înalte rezoluții microscopice și a unei înalte rezoluții spectrale, este folosit un obiectiv (A) optic conform invenției și o buclă de reglare opto-electronică, care pentru studiul microscopic în domeniul spectral vizibil utilizează compararea de fază a radiației luminoase concomitent cu măsurarea intensității radiației luminoase reflectată de pe materia (1) solidă sau semisolidă cercetată, iar pentru analiza spectrală Raman, în domeniul spectral infraroșu, folosește doar bucla de reglare automată bazată pe măsurarea intensității radiației luminoase reflectată de pe materia (1) solidă sau semisolidă cercetată.**
2. **Obiectiv optic conform Revendicării nr.1, caracterizat prin aceea că, în vederea realizării unor imagini microscopice de înaltă rezoluție, lentilele (7)și(8) de focalizare a obiectivului (A) sunt confecționate din sticlă optică necorectată cromatic prezentând pentru domeniul spectral vizibil o linie (f_f) focală care permite scanarea din aproape în aproape a tuturor lungimilor de undă, cuprinse între 490 nm-780 nm, de către un actuator (6) piezoelectric și a optoelectronicii adecvate precum și a soft-ului (I) specializat, rezultatul fiind o imagine microscopică 3D de a zonei microscopice studiate pe materia (1) cercetată.**
3. **Obiectiv optic conform Revendicării nr.1, și a Revendicării nr.2, caracterizat prin aceea că, în vederea realizării unei optici active de căutare a punctelor focale (f_m) și a punctului focal (f_s) de pe linia (f_f) focală, lentila (7) de focalizare, necorectată cromatic, este lipită centric pe actuatorul (6) piezoelectric, lipit la rândul lui pe armatură (9), iar punerea sub tensiune a actuatorului (6) piezoelectric, prin intermediul unei interfețe a calculatorului (H) electronic, este realizată de un cablu (11) de alimentare electrică folosind două inele (12)și(13) de cupru, care în timpul montării prin înfiletare pe tubul (C) optic al spectromicroscopului Raman, intră în contact alunecător cu două tije (26) și (27) cilindrice realizate din cupru argintat, apăsate elastic de niște arcuri (28)și(29) de compresiune, montate în partea inferioară a tubului (C) optic.**
4. **Obiectiv optic conform Revendicării nr.1, a Revendicării nr.2 și a Revendicării nr.3, caracterizat prin aceea că, pentru realizarea obiectivului conform invenției având o optică activă durabilă, unitară, neinerțială și fără frecare, îmbinarea prin lipire a actuatorului (6)**

piezoelectric cu armătura (9) de sprijin și a celei din urmă cu corpul (4) al obiectivului (A) optic precum și fixarea și rigidizarea durabilă, în locașul (15) circular, a inelelor (12) și (13) de cupru, folosite la rândul lor pentru punerea sub tensiune a actuatorului (6) piezoelectric, este folosită o rășină (14) epoxidică care are și rol de izolator electric.

5. Focalizare automată în domeniul spectral vizibil conform Revendicării nr.1 și a Revendicării nr.2, în compunerea căreia intră o structură opto-electronică duală bazată pe compararea de fază și pe analiza dinamică a intensității radiației luminoase reflectată de pe materia (1) solidă sau semisolidă cercetată, caracterizată prin aceea că, în timpul deplasării lentilei (7) de focalizare, cu ajutorul actuatorului (6) piezoelectric, înspre și dinspre materia (1) cercetată, în scopul achiziției imaginilor microscopice și a spectrului Raman cu cea mai ridicată rezoluție microscopică și spectrală, sistemul de focalizare realizează comutarea alternativă, cu mare viteză, între focalizare automată pe bază de comparare de fază a radiației luminoase reflectate de pe materia (1) cercetată și focalizare automată pe baza intensității radiației luminoase reflectate tot de pe materia (1) cercetată, decizia achiziției optoelectronice a imaginii fiind luată în mod automat atunci când abaterea de faza este zero, iar intensitatea radiației luminoase reflectate este maximă.

6. Focalizare automată în domeniul spectral infraroșu, conform revendicării Nr.1, caracterizată prin aceea că, în vederea căutării punctului (f_s) focal al radiației monocromatice de excitare cu lungimea de undă de 1064 nm, este folosită o buclă de reglare automată care determină și urmărește scanarea automată a domeniului spectral cuprins între 780 nm (limita domeniului spectral vizibil) și lungimea de undă de 1100 nm. Atunci când intensitatea radiației luminoase reflectate este maximă s-a atins punctul focal (f_s), corespunzător lungimii de undă de 1064 nm și are loc automat achiziția optoelectronică a spectrului Raman pentru materia (1) cercetată.

7. Modalitatea de calibrare a deplasărilor punctului focal cu ajutorul unui interferometru Michelson, caracterizată prin aceea că, în vederea cuantificării precise a incrementelor de deplasare ale actuatorului (6) piezoelectric, la fiecare treaptă de tensiune electrică de alimentare se face o singură calibrare de către producătorul obiectivului optic folosind în acest scop un sistem (J) interferometric Michelson, o oglindă (o) metalică realizată pe un capac (24) înfiletat pe corpul (4) metalic al obiectivului și un element (25) de contact electric ceare la rândul lui în compunere două tije (26) și (27) cilindrice de contact realizate din cupru argintat, apăsate elastic de două arcuri (28) și (29) de compresiune pe inelele de cupru (12) și (13) aparținând obiectivului (A) optic conform invenției și un șurub (30) de fixare și strângere.

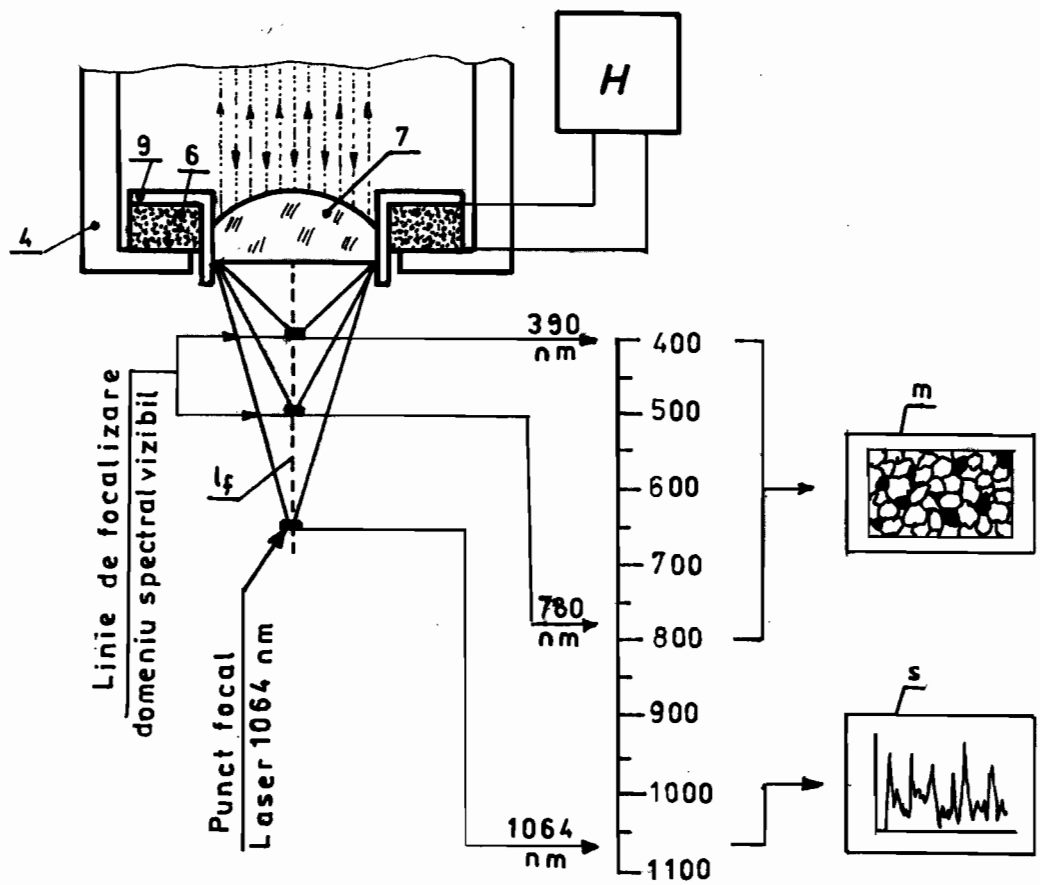


FIG. 1

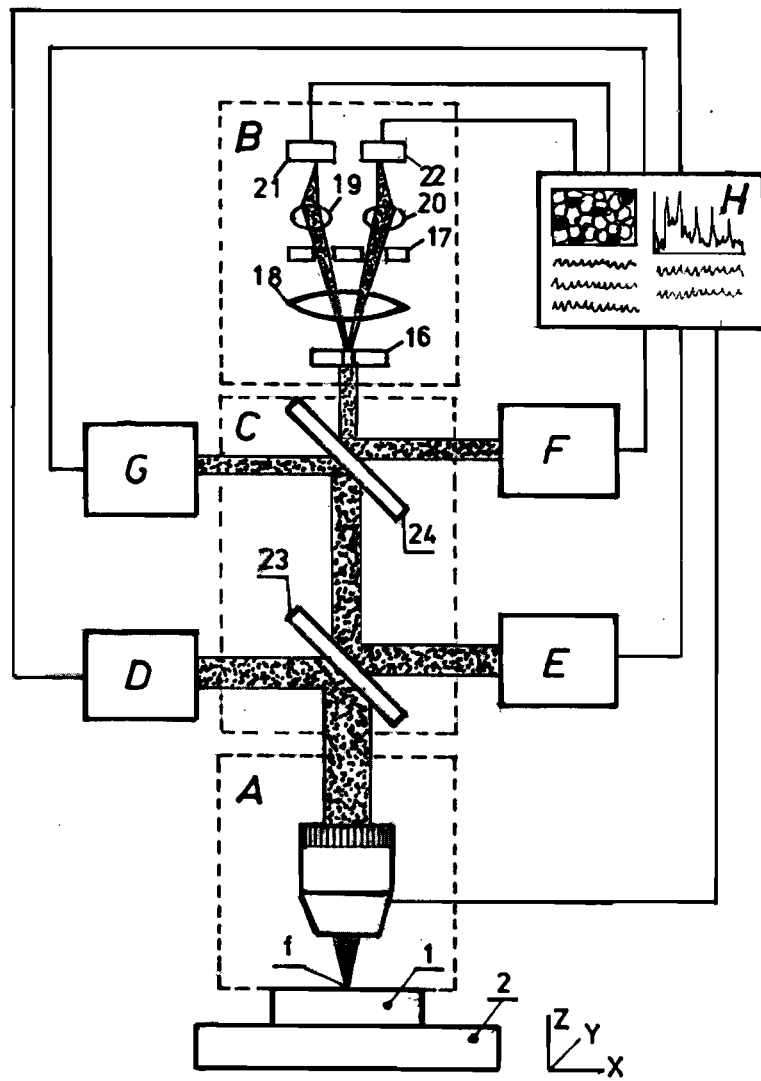


FIG. 2

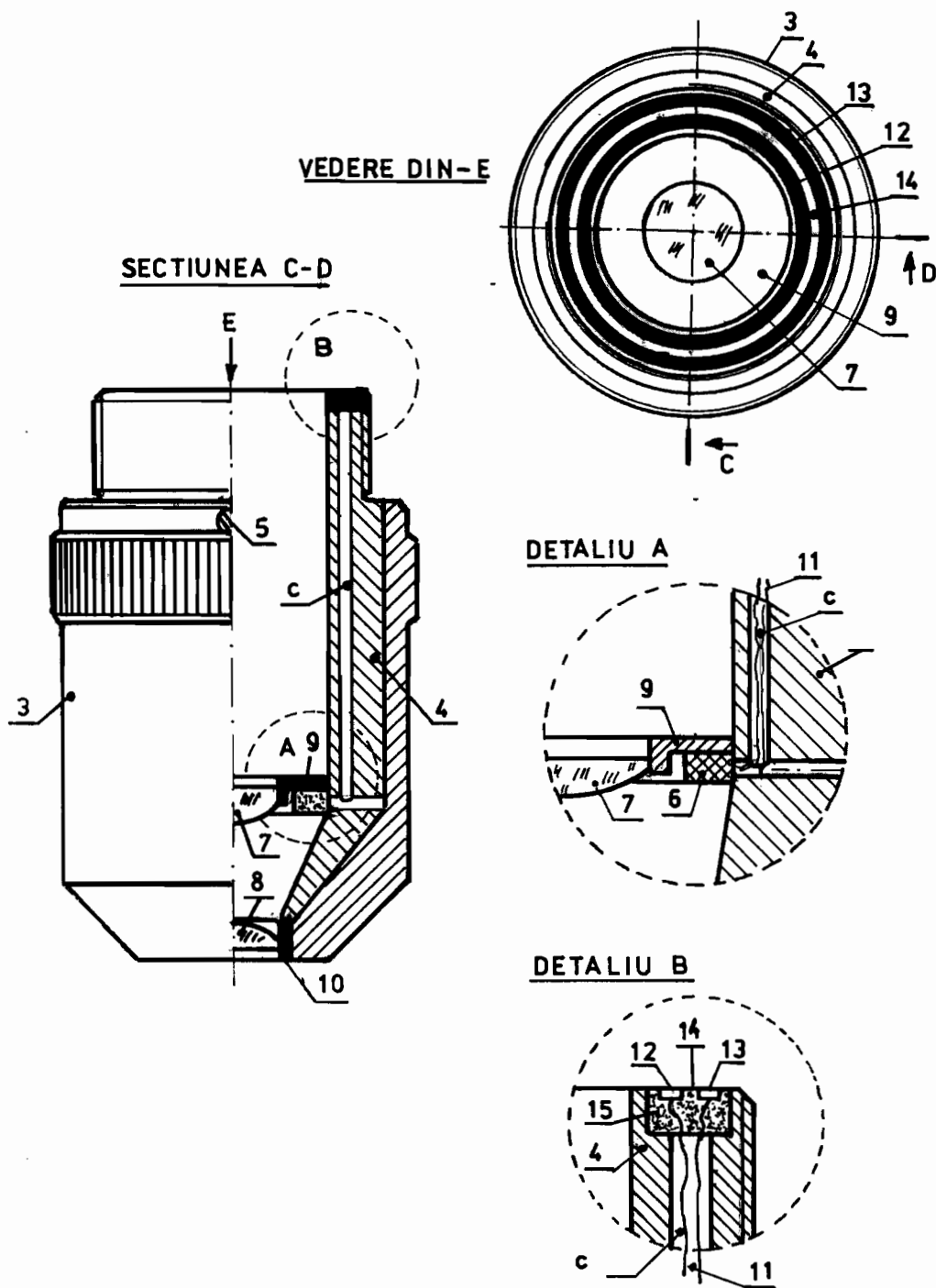


FIG. 3

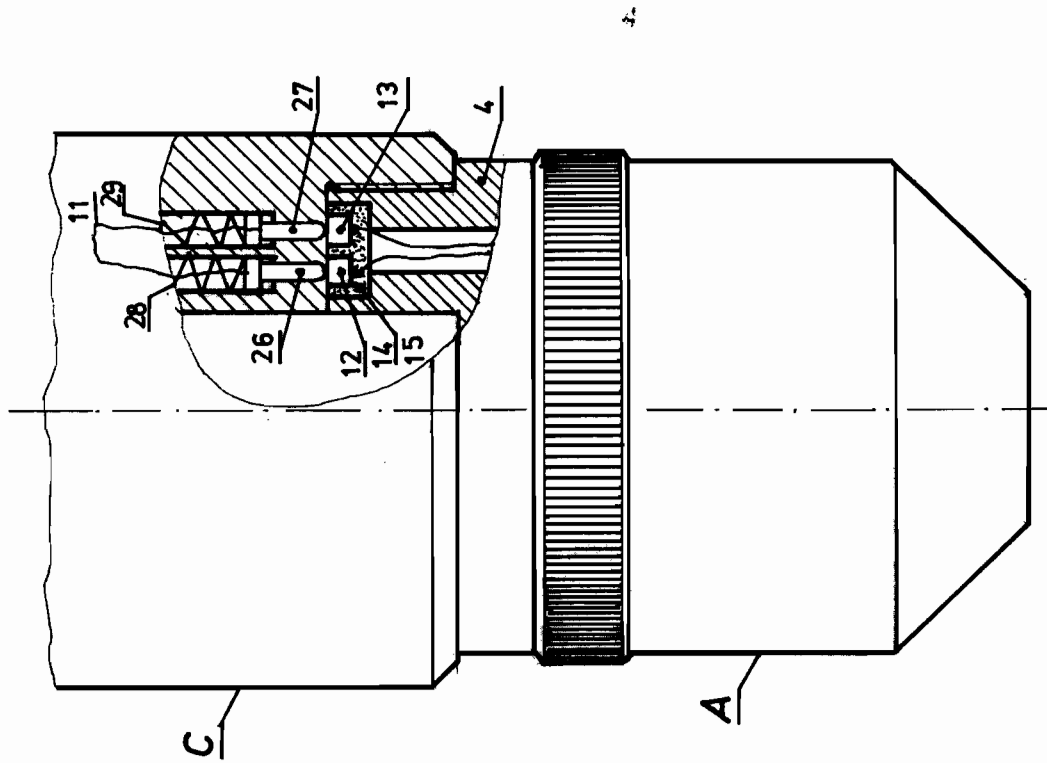


FIG. 4

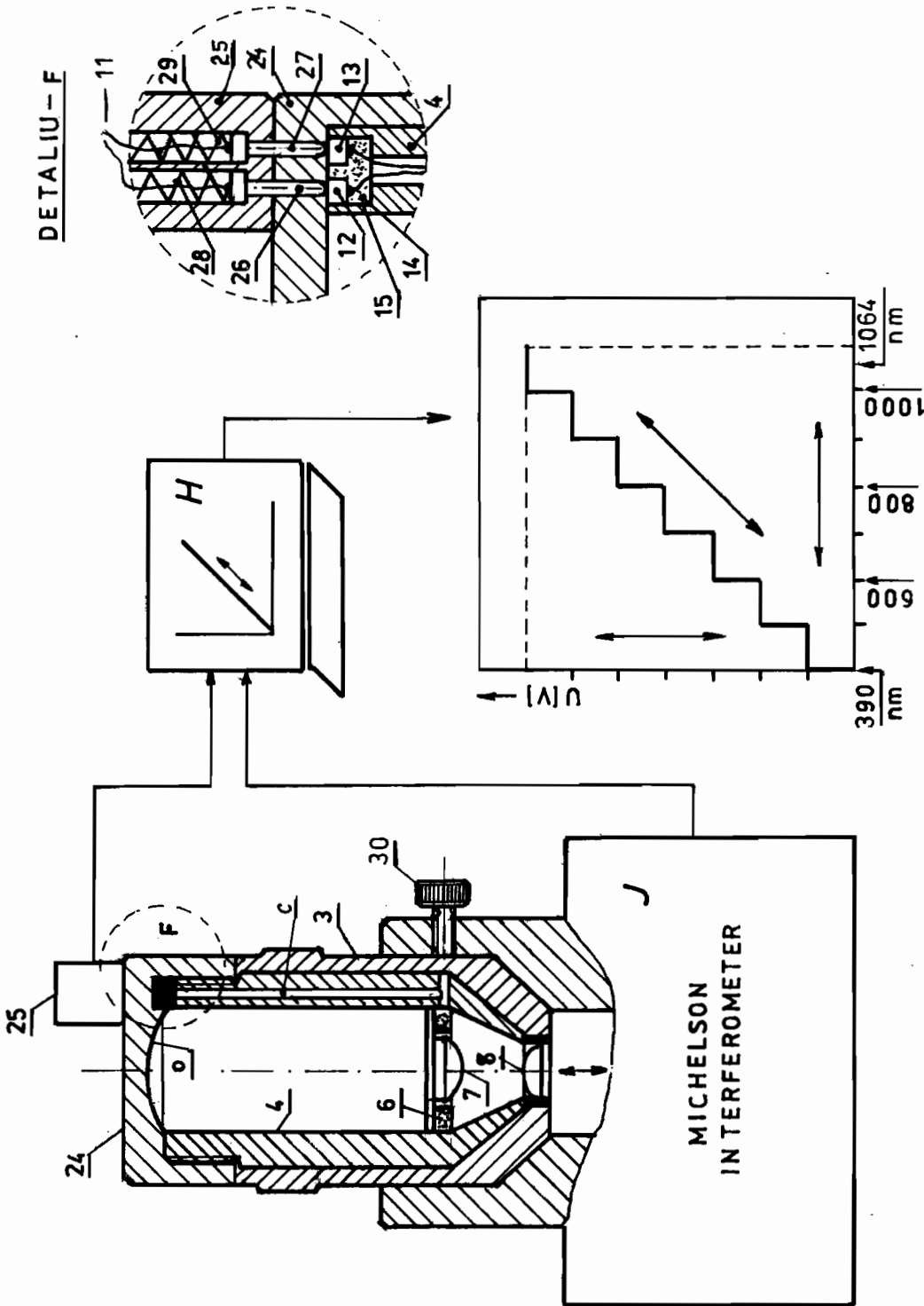


FIG.5