



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2017 00661**

(22) Data de depozit: **15/09/2017**

(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- SCHEIA, SUCEAVA,
SV, RO;
• POPA VALENTIN, STR. MĂRĂȘTI NR. 18,
BL. T3, SC. A, AP. 15, SUCEAVA, SV, RO;
• DIMIAN MIHAI,
STR. PROF. LECA MORARIU NR. 11A,
BL. A5, SC. A, AP. 18, SUCEAVA, SV, RO

(54) OBIECTIV DE MICROSCOP CU FOCALIZARE AUTOMATĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un obiectiv de microscop cu focalizare automată, care permite obținerea unei rezoluții optice maxime pe adâncime, folosind deplasarea controlată a punctului focal la diferite lungimi de undă ale liniei focale din domeniul spectral vizibil. Obiectivul conform invenției este alcătuit dintr-o optică adaptivă, automată, cuprinzând: un actuator (3) piezoelectric de cuarț, care deplasează o oglindă (6) concavă sau o oglindă (7) convexă înspre și dinspre materia (m) cercetată, un sistem (d) optoelectronic de achiziție de imagini, un sistem (e) optoelectronic de măsurare a intensității luminoase, o unitate (f) diferențială de căutare a punctelor focale, o unitate (g) de prescriere și alimentare, o unitate (h) senzorială de control al deplasării, un calculator (i) electronic și un software (j) specializat.

Revendicări: 12
Figuri: 6

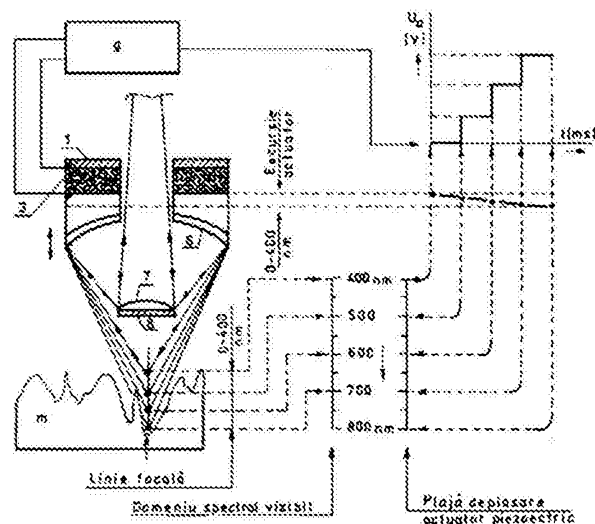


Fig. 1



OBIECTIV DE MICROSCOP CU FOCALIZARE AUTOMATĂ

Invenția se referă la un obiectiv cu optică adaptivă destinat echipării microscopelor cu reflexie în scopul măririi rezoluției optice pe adâncime a acestora. Aplicațiile directe sunt în metalografie, geologie, forenzică, chimie, materiale plastice, materiale compozite, biologie, medicină etc.

Calitatea imaginii la microscop este dată de rezoluția optică a cărei valoare este maximă atunci când materia cercetată este situată în punctul focal al sistemului optic de focalizare, realizat la rândul lui cu grupuri de lentile sau cu grupuri de oglinzi metalice. Rezoluția optică microscopică este de orizontală și de adâncime și este definită ca fiind distanța d minimă [μm] dintre două puncte care pot fi distinse clar cu ochiul omenesc privind prin ocularele microscopului sau privind imaginea de pe un monitor obținută la rândul ei prin intermediul unei camere video montată pe trinocularul microscopului:

$$d_y = \frac{\lambda}{A} = \frac{\lambda}{n \cdot \sin \alpha} \quad (1)$$

unde : λ - lungimea de undă a radiației luminoase folosite pentru iradierea materiei cercetate [μm]

n - indicele de refracție a mediului transparent care se găsește între materia cercetată și lentila obiectivului optic al microscopului

α - semiunghiul maxim format de două radiații luminoase care pleacă de pe un punct al materiei cercetate și mai pot fi surprinse încă de către marginea lentilei de focalizare a obiectivului optic al microscopului.

A - apertură numerică ($A = n \cdot \sin \alpha$)

Prin alegerea de materiale transparente, situate între lentila de focalizare a obiectivului optic al microscopului și materia cercetată, având indicele n de refracție mai mare de 1 (1 fiind indicele de refracție al aerului) și folosirea unor soluții constructive care au permis atingerea unui unghi α de 72° pentru lentilele de focalizare a obiectivului optic, apertura A numerică a fost adusă până la valori maxim posibile din punct de vedere tehnic. Până de curând, limita de mărire M a microscopelor optice era condiționată de regula lui Abbe [1], conform căreia, mărire maximă $M_{\max}$ totală a unui microscop optic trebuie să se situeze între valorile:

$$M_{\max} = 500 A \div 1000A \quad (2)$$

Peste această limită imaginea este neclară din cauza scăderii rezoluției optice.

Deoarece microscopicele optice clasice se bazează pe refracția luminii, acestea au o rezoluție optică pe orizontală limitată la jumătate din lungimea de undă a radiației folosite pentru iradierea materiei cercetate. Pentru domeniul spectral vizibil aceasta rezoluție corespunde la cca. 200 nm, ceea ce permite, conform regulii lui Abbe, atingerea unui ordin de mărime $M_{\max}$ de 1500 ori pentru microscopia optică clasică.

O lentilă de focalizare nu are însă un punct focal ci prezintă o linie focală, iar pe această linie focală sunt sute de puncte focale, iar la fiecare îi corespunde o anumită lungime de undă (aberație cromatică) din domeniul spectral vizibil cuprins între 390 nm - violet și 780 nm - roșu., motiv pentru care o imagine microscopică clasică este una de rezoluție relativ redusă.

O creștere a rezoluției d_y optice pe orizontală s-a realizat prin îmbunătățirea compoziției chimice a sticlei lentilelor din obiectivele microscopelor precum și prin realizarea de pachete de lentile convexe și concave lipite între ele. Rezultatul a fost construcția de obiective acromate, de obiective apocromate și de obiective planapochromate. Primele realizează o corecție cromatică pentru zona mediană a spectrului vizibil (zona galben-verde), iar ultimele pentru toată zona spectrului vizibil. Problema punctelor focale optime nu a fost însă rezolvată, aceste obiective aduc doar o îmbunătățire în sensul medierii mai multor lungimi de undă pe care le aduc într-un punct focal singular.

Rezoluția pe adâncime d_z are la bază tot definiția de mai sus, în sensul că aceasta reprezintă distanța minimă la care pe flancul unei denivelări micrometrice pot fi distinse clar două puncte vecine. Ideal pentru un microscop optic ar fi ca atât rezoluția pe orizontală d_y cât și cea pe adâncime d_z să fie maxime. Aceste două caracteristici optice importante sunt însă antagoniste, rezoluția optică pe orizontală d_y este antagonistă cu rezoluția optică pe adâncime d_z , fiind legate prin relația:

$$\frac{d_y}{d_z} = \text{const} \quad (3)$$

Încercarea de a crește rezoluția pe adâncime duce la scăderea rezoluției pe suprafață și invers. Motivul îl reprezintă faptul că rezoluția pe orizontală a materiei cercetate este dată de apertura A numerică, deci de caracteristici optice constructive ale lentilelor de focalizare și de natura mediului care se găsește între obiectiv și materia cercetată, pe când rezoluția pe adâncime depinde de lățimea benzii spectrale a luminii de iradiere a materiei cercetate.

Rezoluția maximă la studierea detaliilor microscopice ale materiei cercetate o asigură lungimile de undă care au valori de același ordin de mărime cu detaliile microscopice urmărite. Mai precis, pentru obținerea unei rezoluții optice maxime pe

adâncime, pentru detalii ale materiei care variază în limitele lungimilor de undă acoperite de domeniului spectral vizibil (cca. 400nm), imaginea microscopică ar trebui să fie rezultatul unei integrări opto-electronice a mai multor imagini obținute pe parcursul focalizării succesive a tuturor lungimilor de undă din acest domeniul spectral. În felul acesta, detaliile de dimensiuni mai mari de pe adâncimea rugozității materiei cercetate sunt reproduse cu rezoluție optică maximă în punctele focale din domeniul spectral roșu, iar detaliile microscopice de dimensiuni mai mici sunt reproduse cu rezoluție optică maximă în punctele focale din domeniul spectral violet.

Autorilor le sunt cunoscute soluții de focalizare automată din următoarele documente:

Documentul D1 intitulat: Lens drive device, camera module, and camera mounting devices , înregistrat ca TW201631348 (A)-2016, descrie un sistem de focalizare automată cu ajutorul unui actuator linear electromagnetic cu bobină.

Documentul D2 intitulat: Microscope Apparatus, Autofocus Apparatus, and Autofocus Method, înregistrat ca JP2017062438 (A)- 2017 descrie un sistem de focalizarea automata pe baza comparării de fază a radiației luminoase.

Documentul D3 intitulat: Focus control device, Focus control Method, Focus control program , Lens device, înregistrat ca WO2017057071(A1)-2016 , descrie sisteme de focalizarea automata pe baza comparării de fază a radiației luminoase.

Documentul D4 TW 201632934 (A1)-2016 intitulat: Camera module autofocus, actuator and control method thereof, folosește ca element de execuție a actuatorului o sîrmă din aliaj cu memorie și un element elastic de revenire.

De asemenea le mai sunt cunoscute o multitudine de soluții tehnice folosite la aparatele fotografice performante unde prin intermediul unei bucle de reglare, ce are ca senzor un detector fotoelectric și ca element de execuție un micromotor electric se modifică automat distanța focală a grupului de lentile din obiectivul optic al aparatului fotografic astfel încât să se asigure rezoluția optică cea mai bună pentru o zonă ce prezintă interes maxim în imaginea urmărită. Dimensiunea relativ mare a servomotoarelor ce rotesc în căutarea focalizării optime obiectivul optic al aparatului fotografic sau deplasează liniar grupul de lentile din obiectiv, în căutarea focalizării optime, fie pe obiectul din prim planul fie din fundalul imaginii, dar mai ales rezoluția slabă a acestor servomecanisme fac această soluție inaplicabilă la spectromicroscopie Raman. Mai sunt cunoscute și folosite sisteme de focalizare automată, realizate prin mijloace interferometrice, la radiotelescoape. Actualmente prin microscopie confocală dar și prin alte soluții [2], [3], [4], [5] s-a putut crește rezoluția optică pe adâncime în mod sensibil și la microscopie. Aceste realizări înglobează soluții tehnice de vârf, iar microscopie sunt deosebit de costisitoare.

Problema tehnică pe care o rezolva invenția constă în realizarea unui obiectiv destinat microscopelor de reflexie care împreună cu structura microscopică și optoelectronică aferentă, permite obținerea unei rezoluții optice maxime pe adâncime prin focalizare automată. În acest scop este folosită o optică adaptivă care în fracțiuni de

secundă duce la parcurgerea a zeci de puncte focale, situate la diferitele lungimi de undă din domeniul spectral vizibil, la salvarea opto-electronică de imagini microscopice în aceste puncte focale precum și la reproducerea acestor imagini sub formă de tomograme de suprafață 3D sau sub formă de trenuri dinamice de imagini microscopice succesive. Industrial, obiectivul de microscop conform invenției împreună cu optoelectronica aferentă poate fi implementat pe o nouă generație de microscopie sau poate fi folosit pentru transformarea microscopelor optice cu reflexie clasice în microscopie optice cu rezoluție înaltă pe adâncime.

Soluțiile tehnice conform invenției pleacă de la ideea că singura cale pentru îmbunătățirea rezoluției optice pe adâncime este cea de exploatare a întregii benzi spectrale din domeniul vizibil pentru a obține o imagine microscopice de înaltă rezoluție. Relația care definește în acest caz rezoluția optică este următoarea:

$$\frac{1}{R_0} = d_z = \frac{k \cdot \lambda}{A} = \frac{\lambda}{n \cdot \sin \alpha} \quad (4)$$

În această relație, omologa cu relația (1), R_0 reprezintă rezoluția optică, iar factorul k reprezintă un coeficient subunitar, ce este cu atât mai mic cu cât un microscop ce are un obiectiv cu optica activă reușește să poziționeze punctul focal la lungimi de undă cât mai apropiate una de alta.

În scopul materializării invenției autorii descriu un obiectiv de microscop cu optică activă de microscop, în trei variante conceptive și constructive, posibil de realizat industrial. Pentru a fi lipsit de aberații cromatice și pentru a beneficia de întregul spectru de la ultraviolet la infraroșu, în construcția obiectivelor de microscop în locul grupului de lentile de focalizare apocromate sau planapochromate clasice sunt folosite două oglinzi de argint, una concavă și una convexă, iar pentru obținerea unei rezoluții maxime pe adâncime, acestea au în compunere un actuator piezoelectric cu fețe plan paralele. Pentru asigurarea unei înalte reproductibilități actuatorul piezoelectric oscilează pe frecvența de rezonanță f_r :

$$f_r = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (5)$$

unde: l - grosimea plăcii piezoelectrice de cuarț

ρ -densitatea cuarțului

E - modulul de elasticitate a cuarțului

Valoarea frecvenței de rezonanță f_r , recomandată este de 0,1 MHz. La această frecvență sunt posibile grosimi ale discului de cuarț, din compunerea actuatorului piezoelectric, de ordinul milimetrilor și deplasări de dilatare-contrație ale acestuia de cca 1000 nm,

ceea ce acoperă atingerea lungimilor de undă pentru toate punctele focale din domeniul spectral vizibil. Peste tensiunea de alimentare de înaltă frecvență, care menține discul de cuarț al actuatorului piezoelectric la frecvența de rezonanță stabilă, se suprapun trepte de tensiune de curent continuu, obținute cu un generator electronic care produce ciclic trepte de tensiuni electrice crescătoare urmate de trepte de tensiuni electrice descrescătoare de aceeași valoare. Treptele de tensiune crescătoare provoacă, proporțional cu tensiunea aplicată, dilatarea actuatorului piezoelectric cu un increment precis, de ordinul nanometrilor, iar treptele de tensiune descrescătoare provoacă contractia acestuia cu același increment de ordinul nanometrilor, (Fig.1). Corespunzător cu aceste dilatări și contractări este realizată și deplasarea axială, cu aceiași pași incrementali preciși, a uneia din cele două oglinzi metalice spre cealaltă respectiv dinspre cealaltă. În acest fel sunt accesate pe rând punctele focale corespunzătoare diferitelor lungimi de undă de pe linia focală caracteristică spectrului vizibil cuprins între 390-780 nm. Controlul nivelului deplasării axiale provocate de actuatorul piezoelectric este realizat, conform soluției din invenție, cu ajutorul unui senzor capacitiv, realizat sub forma unor armături plan paralele de condensator, plasat între actuatorul piezoelectric și corpul superior la una din variantele constructive, respectiv între actuatorul piezoelectric și suportul cu trei brațe de pe corpul inferior al obiectivului optic de microscop, (Fig.3), (Fig.4) și (Fig.5). La fiecare pas incremental precis de deplasare al uneia din cele două oglinzi ale obiectivului optic are loc în mod automat atingerea unui punct focal și o achiziție de imagine microscopică corespunzătoare. Prescrierea pasului lungimilor de undă unde trebuie realizate puncte focale este făcută de operator. Controlul și validarea atingerii aceluși unui punct focal, este stabilit de către o unitate diferențială care compară continuu nivelul deplasării uneia din cele două oglinzi metalice de focalizare, nivel dat de semnalul senzorului capacitiv, cu nivelul unui semnal electric dat de un senzor de tip CCD, care stabilește intensitatea maximă a unui fascicul luminos deviat cu o prismă optică din fasciculul luminos reflectat de pe materia cercetată. Sesizarea cu precizie a atingerii maximum intensității radiației luminoase se realizează prin soft-ul specializat care folosește în acest scop valoarea zero a derivatei a 1-a a intensității (I) luminoase în funcție de timpul (t):

$$\frac{dI}{dt} = 0 \quad (6)$$

Valoarea zero a unei derivate arată totdeauna atingerea unui maxim sau a unui minim, în cazul concret, arată atingerea punctului focal. Toate aceste operații sunt gestionate de un calculator electronic, prin intermediul unui soft specializat, care asigură totodată procesarea pachetului de imagini achiziționate în timpul scanării dus-întors a actuatorului piezoelectric, pentru a fi redată fie sub formă de tomograme 3-D, fie redată ca imagine după imagine cu o viteză stabilită de cercetător.

Prin aplicarea invenției se obține următorul avantaj:

Folosirea la obiectivele optice de microscop a unei optici adaptive, realizate cu un actuator piezoelectric de cuarț, neinerțial, fără jocuri, fără frecări, cu o dinamică și o reproductibilitate înaltă, permite deplasarea precisă și extrem de rapidă a punctului focal al radiației policromatice din domeniul spectral vizibil la diferite lungimi de undă și prin aceasta crează un mijloc performant de îmbunătățire, de măsurare și de control a rezoluției optice pe adâncime. Rezultatul aplicării soluției conform invenției îl reprezintă obținerea și înmagazinarea, în fracțiuni de secundă, a unui pachet de imagini microscopice de înaltă rezoluție, fiecare dintre aceste imagini corespunzând altui punct focal și altei lungimi de undă. Pachetul de imagini microscopice achiziționate pe cale optoelectronică pot fi reproduse, fie sub formă de tomograme 3-D, fie sub forma unui tren de imagini, care se derulează succesiv pe monitor, cu o viteză reglată de cercetător, prin intermediul unui soft specializat.

Se dau în continuare trei exemple de realizare a invenției în legătură cu Fig.1; Fig.2 ; Fig.3 ; Fig.4 ; Fig. 5; Fig.6; care reprezintă:

Fig.1- Schema de principiu a obiectivului de microscop cu focalizare automată

Fig.2 - Structura modulară a unui microscop optic echipat cu un obiectiv cu focalizare automată

Fig.3- Schema optică de principiu a obiectivului de microscop cu focalizare automată obținută prin deplasarea oglinzii concave

Fig.4 - Varianta constructivă pentru obiectivul de microscop cu focalizare automată care folosește deplasarea oglinzii concave

Fig.5 - Varianta constructivă pentru obiectivul de microscop cu focalizare automată care folosește deplasarea oglinzii convexe

Fig.6- Varianta constructivă de focalizare automată având optoelectronica de căutare a punctului focal integrată în obiectivul optic al microscopului

Un microscop (Fig2) care folosește pentru studiul materiei *m* cercetate un obiectiv *a* optic cu focalizare automată conform invenției mai are în structura sa un tub *b* optic, o unitate optică trinoculară, un sistem *d* optoelectronic de achiziție de imagini, un sistem *e* optoelectronic de măsurare a intensității luminoase din domeniul spectral vizibil, o unitate *f* diferențială de căutare a punctelor focale, o unitate *g* de prescriere și alimentare cu tensiuni electrice în trepte, o unitate *h* senzorială de control a deplasării, un calculator *i* electronic și un soft *j* specializat.

Pentru obiectivul de microscop *a* cu focalizare automată, care face obiectul invenției, sunt prezentate trei variante conceptive și constructive după cum urmează:

1. Obiectiv de microscop cu deplasarea controlată a oglinzii concave
2. Obiectiv de microscop cu deplasarea controlată a oglinzii convexe
3. Obiectiv de microscop cu optoelectronică integrată

Obiectivul de microscop cu deplasarea controlată a oglinzii concave (Fig.3), (Fig.4), se compune dintr-un corp 1 superior, un corp 2 inferior, un actuator 3 piezoelectric cu fețe plan-paralele și orificiu circular central, un senzor de deplasare capacitiv format

din două armături 4 și 5 plan paralele de condensator prevăzute cu un orificiu central, o oglindă 6 concavă, o oglindă 7 convexă, un suport 8 cu fixare prin trei brațe și un conector 9 electric.

Obiectivul de microscop cu deplasarea controlată a oglinzii convexe. (Fig. 5) se compune dintr-un corp 10 superior, un corp 11 inferior, un actuator 12 piezoelectric cu fețe plan-paralele, un senzor de deplasare capacitiv format din două armături 13 și 14 plan paralele de condensator, o oglindă 6 concavă, o oglindă 7 convexă, un suport 8 cu fixare prin trei brațe și un conector 15 electric.

Obiectivul de microscop cu optoelectronică integrată de căutare a punctului focal (Fig. 6), se compune dintr-un corp 16 superior, un corp 11 inferior, un actuator 12 piezoelectric cu fețe plan-paralele, un senzor de deplasare capacitiv format din două armături 13 și 14 de condensator plan paralele, o oglindă 6 concavă, o oglindă 7 convexă, un suport 8 cu fixare prin trei brațe și un conector 15 electric. În compunerea acestui tip de obiectiv mai intră un modul A optoelectronic compus la rândul lui dintr-un corp 17 cilindric pe care este montat în exterior o prismă 18 optică, iar în interior două discuri 19 și 20 cu fante circulare, un grup 21 de lentile colimatoare, un detector 22 optic de tip CCD și un șurub 23 de centrare și fixare a modulului A optoelectronic. Legătura modulului optoelectronic A cu sistemul e optoelectronic de căutare a punctelor focale se realizează prin intermediul unui conector 24 electric. Rolul modulului optoelectronic A este acela de a devia cu 90° o parte din fasciculul luminos reflectat de pe materia *m* cercetată spre detectorul 22 CCD al cărui semnal este folosit de sistemul e optoelectronic de căutare a punctelor focale pentru a corela lungimea de undă a unui anumit punct focal de pe linia spectrală a domeniului vizibil cu imaginea microscopică salvată pentru acel punct focal.

BIBLIOGRAFIE

1. Schumann Herman, *Metallographie*, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig, 1974,
2. Harry Paul, *Lexikon der Optik*. Spektrum Akademischer Verlag, 2003, ISBN 3-8274-1422-9.
3. [https://de.wikipedia.org/wiki/Optische_Koh%C3%A4renztomografie]
4. Stefan Hippler, *Adaptive Optik, Der scharfe Blick ins All und ins Auge*, Phys. Unserer Zeit, 36. Jahrgang, Nr. 1, 2005, DOI:10.1002/piuz.200501055 © 2005 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
5. Douglas B. Murphy, *Fundamentals of Light Microscopy and Electronic Imaging*, Wiley-Liss, Inc. 2001

REVENDICARI

1. Invenția Obiectiv de microscop cu focalizare automată, **caracterizat prin aceea că**, în vederea obținerii unei rezoluții maxime pe adâncime la microscopice optice cu reflexie este folosit un obiectiv de microscop, prezentat în trei variante constructive, care are în compunere o optică activă automată formată la rândul ei din niște actuatori (3) și (12) piezoelectrice, niște armături (4), (5), (13) și (14) de condensatoare, o oglindă (6) concavă, o oglindă (7) convexă, un sistem (e) optoelectronic de măsurare a intensității luminoase, o unitate (f) diferențială de căutare a punctelor focale, o unitate (g) de prescriere și alimentare, o unitate (h) senzorială de control a deplasării, un calculator (i) electronic și un soft (j) specializat.

2. Obiectiv de microscop cu focalizare automată conform revendicării Nr.1, **caracterizat prin aceea că**, în vederea acoperirii fără aberații cromatice a întregului domeniu spectral vizibil cuprins între 390 nm și 780 nm, pentru toate cele trei variante constructive de obiective optice cu focalizare automată conform invenției, este folosită o oglinda (6) concavă și o oglindă (7) convexă din argint depus în vacuum pe suprafața convexității respectiv a concavității corpului oglinzilor;

4. Obiectiv de microscop cu deplasarea controlată a oglinzii concave, conform Revendicării Nr.1, a și a Revendicării Nr.2, **caracterizat prin aceea că** modificarea distanței focale, în vederea asigurării unei rezoluții optice ridicate, a unei viteze mari de achiziție de imagini în condițiile lipsei inerției mecanice și a frecării, este realizată prin deplasarea oglinzii (6) concave, înspre și dinspre oglinda convexă (7), cu ajutorul unui actuator (3) piezoelectric de cuarț, montat între corpul (1) superior și oglinda (6) concavă, actuatorul având forma unui disc cu fețe plan paralele cu un orificiu circular central prin care cade radiația luminoasă pe materia (m) cercetată de unde se întoarce sub formă de radiație reflectată la sistemul (f) optoelectronic de căutare a punctelor focale din domeniul spectral vizibil și la sistemul (d) optoelectronic de achiziție de imagini;

5. Obiectiv de microscop cu deplasarea controlată a oglinzii convexe conform Revendicării Nr.1 și a Revendicării Nr.2, **caracterizat prin aceea că**, modificarea distanței focale, în vederea asigurării unei rezoluții optice ridicate, a unei viteze mari de achiziție de imagini în condițiile lipsei inerției mecanice și a frecării, este realizată prin deplasarea oglinzii (7) convexă, înspre și dinspre oglinda (6) concavă, cu ajutorul unui actuator (12) piezoelectric de cuarț, având forma unui disc plin cu fețe plan paralele, montat între suportul (8) cu fixare prin trei brațe și oglinda (7) convexă;

6. Obiectiv de microscop cu optoelectronică integrată conform Revendicării Nr.1, a Revendicării Nr.2 și a Revendicării Nr.5, **caracterizat prin aceea că**, pentru a putea fi montat pe orice microscop de reflexie deja existent, acest tip de obiectiv dispune de un modul (A) optoelectronic unitar, montat în interiorul corpului (16) superior, în compunerea căruia intră un corp (17) cilindric, pe care este montat în exterior o prismă (18) optică, iar în interior două discuri (19) și (20) cu fante circulare, un grup de lentile (21) colimatoare și un detector (22) CCD, modulul (A) fiind centrat și rigidizat pe corpul (16) superior al obiectivului optic cu un șurub (23) înecat;

7. Unitate (f) diferențială de căutare a punctelor focale, conform revendicării Nr.1, **caracterizată prin aceea că**, pentru atingerea punctului focal al unei anumite lungimi de undă din domeniul spectral vizibil și pentru a realiza achiziția și stocarea imaginii microscopice exact în acest loc este folosită o unitate (f) diferențială, în care sunt comparate valorile treptelor de tensiune aplicate actuatorilor piezoelectrice de către unitatea (g) de alimentare în trepte cu valorile tensiunilor care corespund intensității maxime a radiației luminoase reflectate (contrastul) furnizate de sistemul (e) optoelectronic de măsurare a intensității luminoase din domeniul spectral vizibil și valorile semnalului senzorului capacitiv al unității (h) de control al deplasării;

8. Unitate (g) de prescriere și alimentare cu tensiune electrică în trepte, conform Revendicării Nr.1 și a Revendicării Nr.7, **caracterizată prin aceea că**, aceasta realizează alimentarea actuatorilor (3) și (12) piezoelectrice, care la rândul lor provoacă deplasarea incrementală controlată a oglinzii (4) concave sau provoacă deplasarea incrementală controlată a oglinzii convexe (7), această unitate este comandată la rândul ei prin intermediul unității (f) diferențială de căutare a punctelor focale din domeniul spectral vizibil, a calculatorului (i) electronic și a soft-ului (j) specializat;

9. Unitate (h) senzorială de control a deplasării, conform Revendicării Nr. 1, a Revendicării Nr. 7 și a Revendicării Nr. 8, **caracterizată prin aceea că**, în vederea măsurării deplasării reale a actuatorilor (3) și (12) piezoelectrice alimentate de către unitate (g) de alimentare este folosit un sistem senzorial capacitiv format din niște armături (4), (5), (13) și (14) de condensator, montate între actuatorii piezoelectrice (3) și (12) și corpurile (1) și (11), corespunzător celor trei variante constructive ale obiectivelor optice de microscop cu focalizare automată, descrise;

10. Sistem (e) optoelectronic de măsurare a intensității luminoase din domeniul spectral vizibil, conform revendicării Nr.1 și a revendicării Nr.7, **caracterizat prin aceea că**, acesta are în compunere modul (A) optoelectronic format la rândul lui dintr-un corp (17) cilindric pe care este montat în exterior o prismă (18) optică, iar în interior sunt montate două discuri (19) și (20) cu fante circulare, un grup (21) de lentile colimatoare, un detector

(22) optic de tip CCD și un șurub (23) de centrare și fixare a modulului (A) optoelectronic în corpul (16) superior;

11. Sistem optoelectronic de stabilire a intensității luminoase maxime din domeniul spectral vizibil, conform Revendicării Nr.10, caracterizat prin aceea că, sesizarea intensității maxime a radiației luminoase, care corespunde totdeauna atingerii punctului focal, se face cu ajutorul derivatei a 1-a a intensității I a radiației reflectate de pe materia (m) studiată în funcție de timpul t , derivată care într-un maxim are totdeauna valoarea zero, precum și cu ajutorul unui soft specializat, care prin sistemul (d) optoelectronic de achiziție de imagini și a calculatorului (j) electronic comandă achiziția și stocarea imaginii microscopice atunci când derivata a 1-a atinge valoarea zero;

12. Tomogramă de suprafață și succesiune de imagini microscopice conform revendicării Nr.1, caracterizate prin aceea că, prin intermediul unui soft (j) specializat și a unui calculator (j) electronic, acestea pot fi redată fie sub formă de imagine microscopică 3D de tip tomogramă, fie sub forma unei desfășurări dinamice de imagini, cu o cadență de 1- 60 imagini pe secundă.

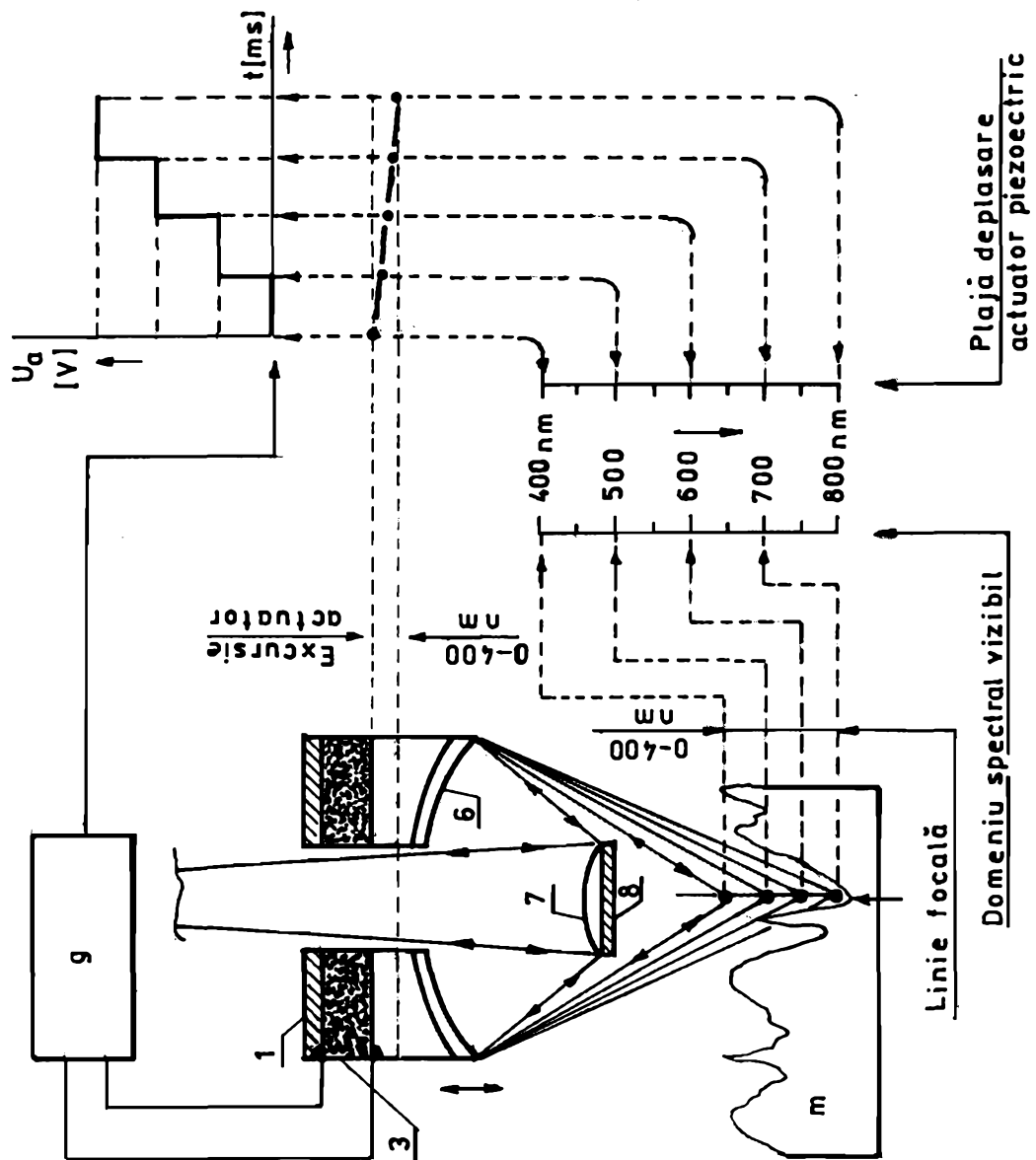
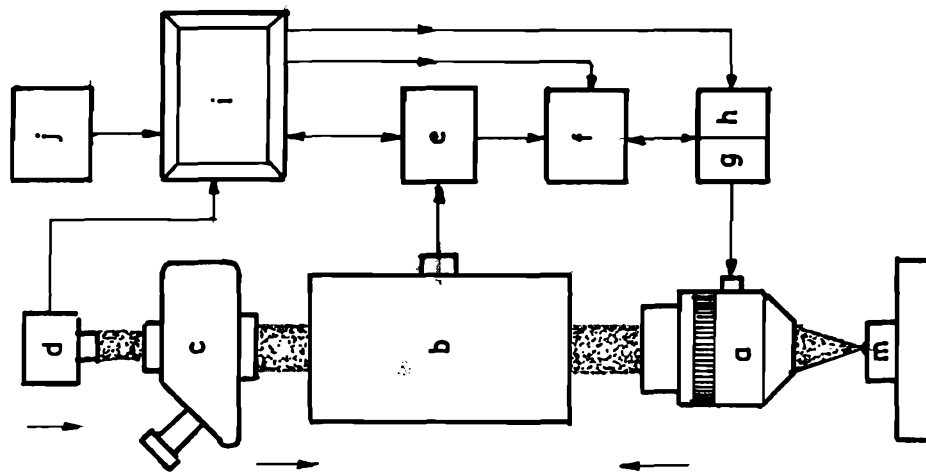
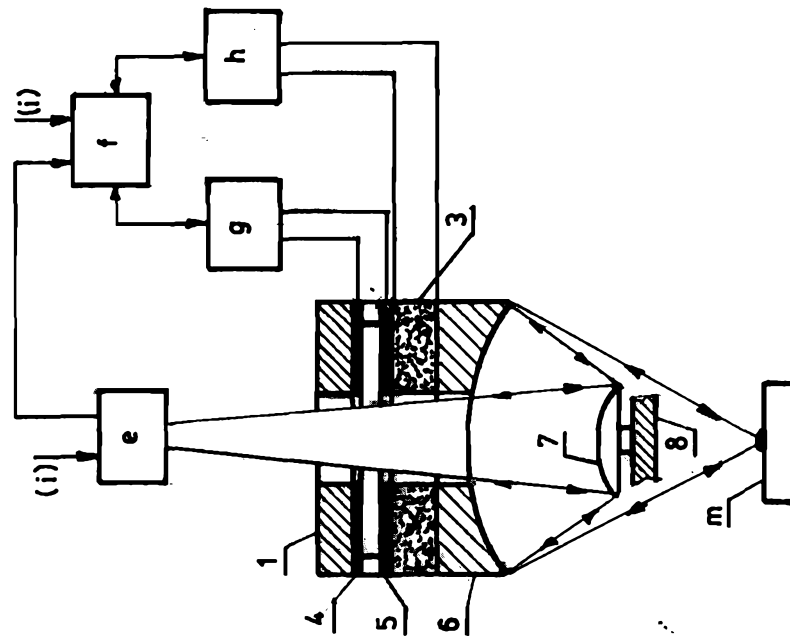
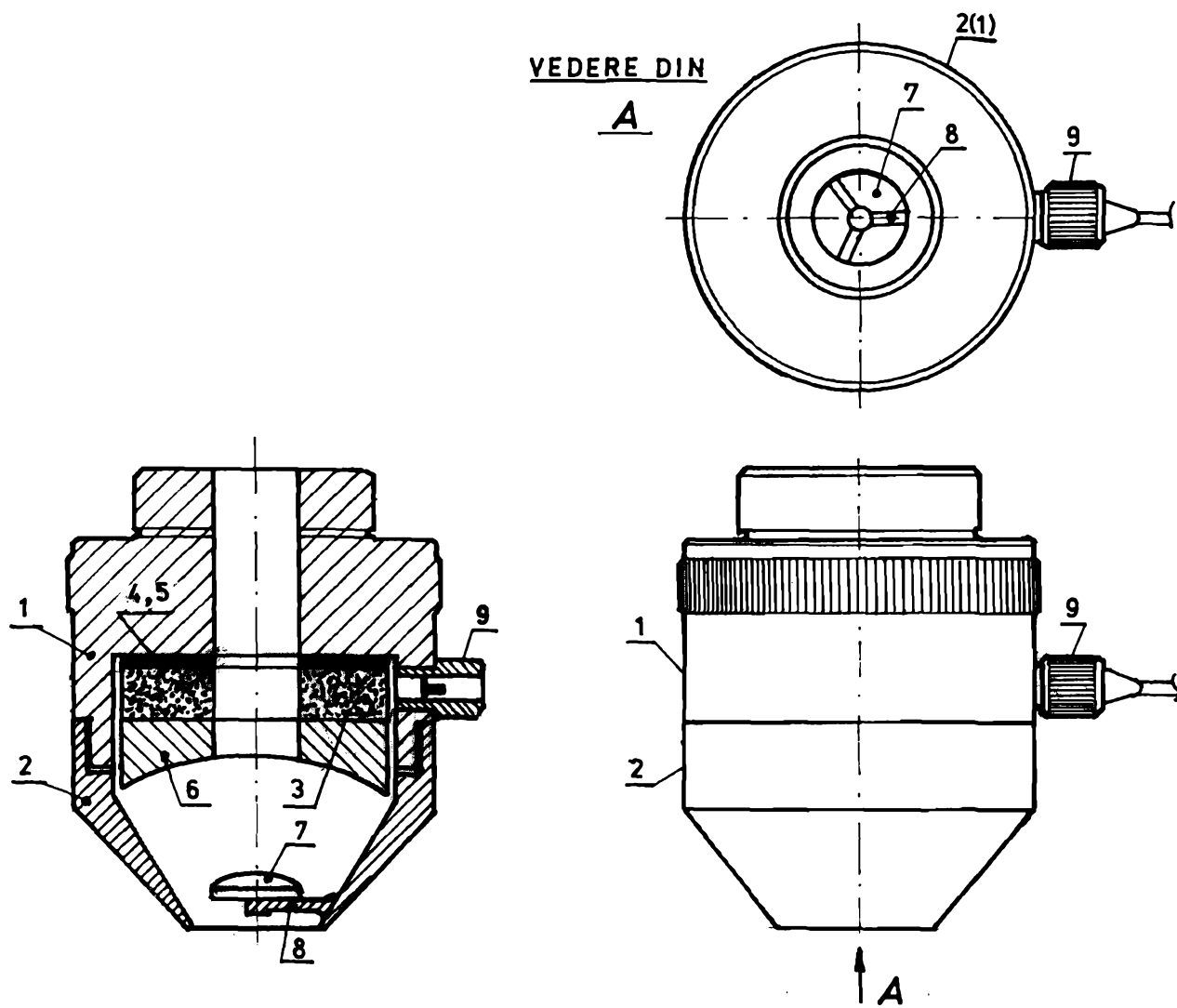


FIG. 1

FIG. 2FIG. 3

FIG.4

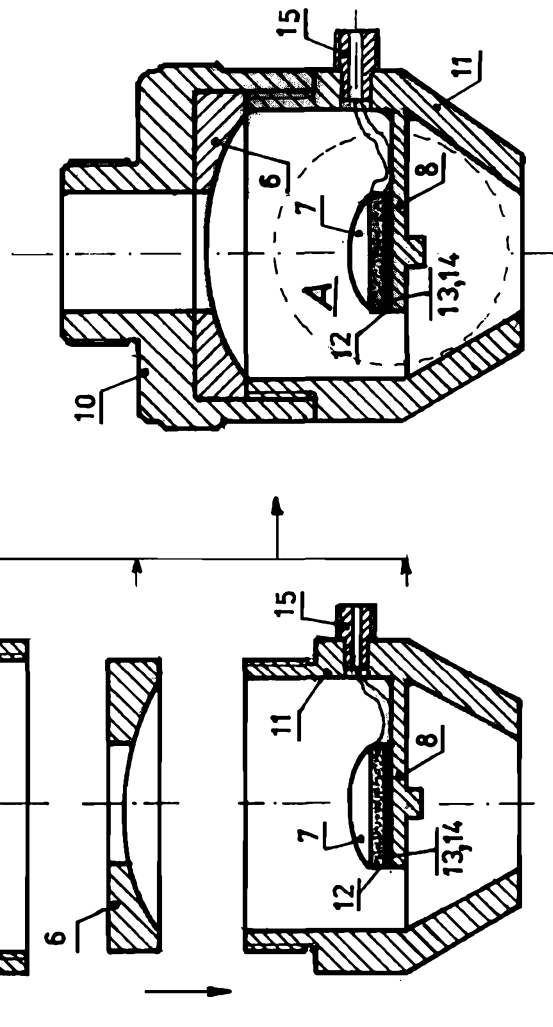
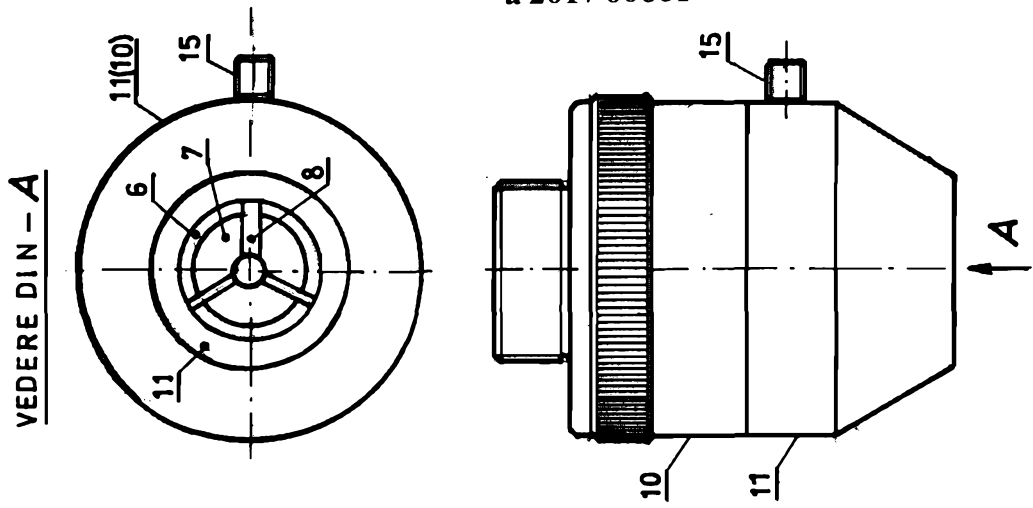
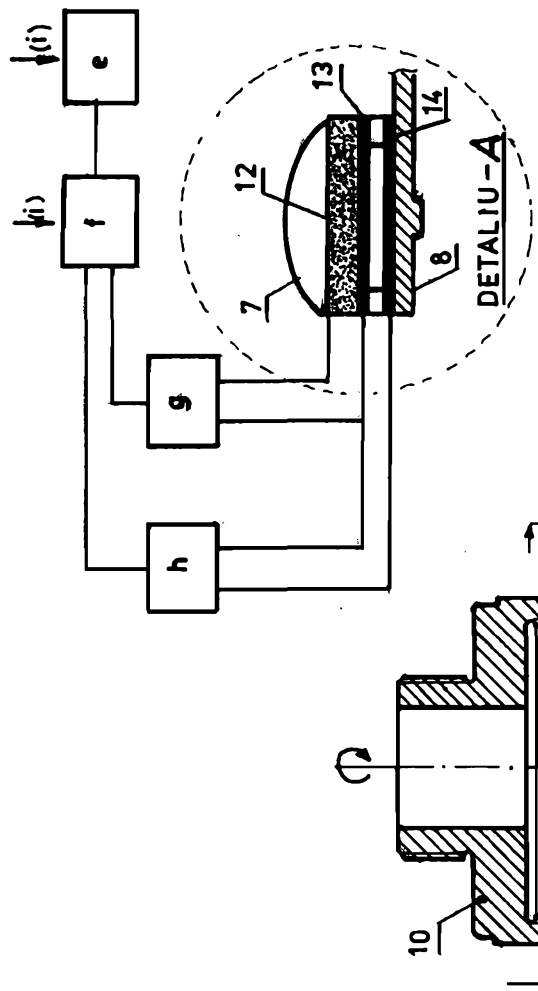
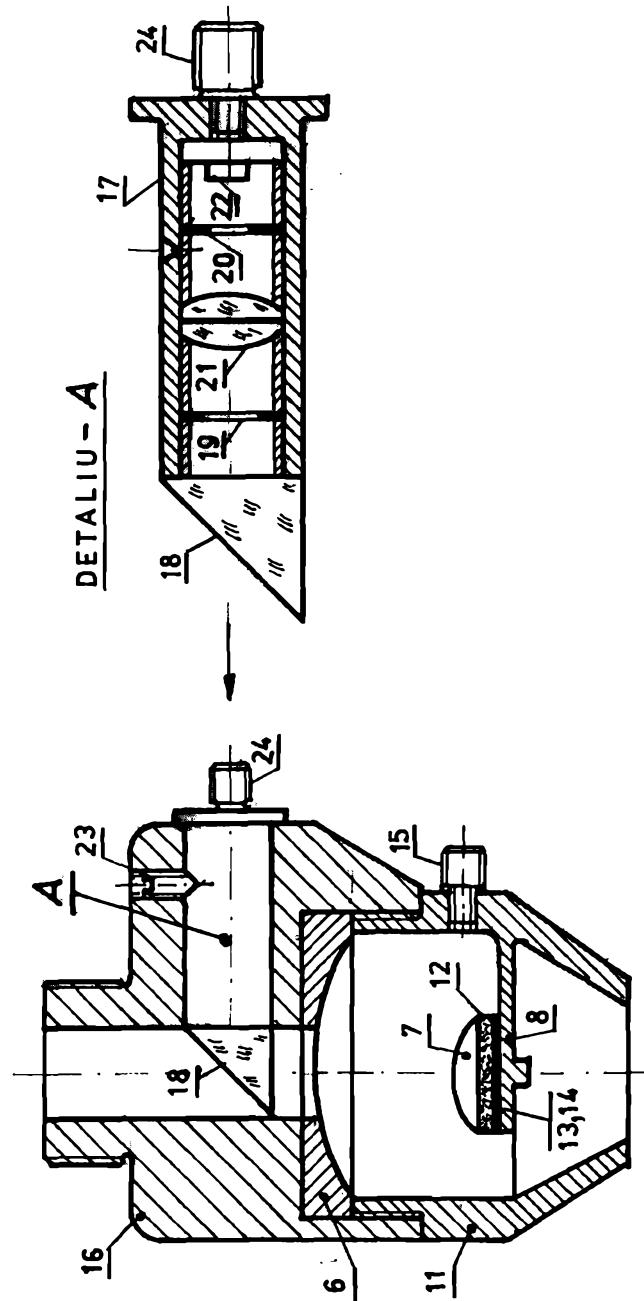


FIG.5

FIG. 6