

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **240676**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **422851**

(22) Data zgłoszenia: **13.09.2017**

(51) Int.Cl.

G02B 27/09 (2006.01)

B29D 11/00 (2006.01)

(54) **Sposób tworzenia obrazu wielopłaszczyznowego z użyciem zmiennoogniskowej soczewki oraz urządzenie do realizacji tego sposobu**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

25.03.2019 BUP 07/19

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

16.05.2022 WUP 20/22

(73) Uprawniony z patentu:

**UNIwersytet im. Adama Mickiewicza
w Poznaniu, Poznań, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

Krzysztof Dobek, Poznań, PL

(74) Pełnomocnik:

recz. pat. Barbara Urbańska-Łuczak

PL 240676 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób tworzenia obrazu wielopłaszczyznowego z użyciem zmiennoogniskowej soczewki oraz urządzenie do realizacji tego sposobu, mający zastosowanie w przemyśle optycznym.

Z uwagi na rosnące zapotrzebowanie na nowe technologie, zostało zaproponowanych szereg różnych rozwiązań mających obejść ograniczenie klasycznej soczewki – jej stałą ogniskową, f . Jednym z nich jest sztuczna elastyczna soczewka wewnątrzoczną, która została omówiona w publikacji NuLens® intraocular lens, NuLens Ltd. Herzliya, Israel, US patent 20070244561 A1. Kształt soczewki jest zmieniany poprzez nacisk mięśni ludzkiego oka. Innym są soczewki polimerowe o zmiennej ogniskowej, działające na zasadzie deformacji elastycznej powierzchni łamiącej soczewki poprzez zmianę ciśnienia cieczy, którą ta powierzchnia zamyka, co zostało przedstawione w Chen J., Wang W., Fang J., Varahramyan K. „Variable-focusing microlens with microfluidic chip” *J. Micromech. Microeng.* 14 (2004) 675-680. b) Agarwal M., Gunasekaran R. A., Coane P., Varahramyan K. „Polymer-based variable focal length microlens system” *J. Micromech. Microeng.* 14 (2004) 1665-1673. c) Zhang D.-Y., Lien V., Berdichevsky Y., Choi J., Lo Y.-H. „Fluidic adaptive lens with high focal length tenability” *Appl. Phys. Lett.* 82 (2003) 3171-3172, bądź poprzez mechaniczną deformację jednej z powierzchni polimerowych soczewki, opisane w Wiśniewska B., Wiśniewski W. „Element optyczny o zmiennych właściwościach oraz sposób wytwarzania elementu optycznego o zmiennych właściwościach” patent PL 191979B1. Opracowano również oparte na elektrostatycznym działaniu soczewki cieczowe zmiennoogniskowe, których kształt jest zmieniany przez przyłożenie odpowiedniego napięcia między dwie elektrodami zilustrowane w Kwon S., Lee L. P. „Focal Length Control by Microfabricated Planar Electrodes-based Liquid Lens (μ PELL)” *Proc. 11th Int. Conf. Solid State Sens. Act. Trans.* 1342 (2001) 1348–1351, Berge B. „Liquid lens technology: principle of electrowetting based lenses and applications to imaging” *Proc. 18th IEEE Int. Conf. Mic. Elec. Mech. Syst.* 2005, 227–230, Cheng C. C., Chang C. A., Yeh J. A. „Variable focus dielectric liquid droplet lens” *Opt. Express* 14 (2006) 4101–4106.

Wszystkie wymienione wyżej techniki opierają się na zmianie kształtu soczewki, która prowadzi do zmiany jej ogniskowej. Zdolność skupiająca tych soczewek wynika zatem z ich kształtu, modyfikującego drogę optyczną światła. Oprócz elementów optycznych posiadających powierzchnię łamiącą bieg promieni świetlnych, zdolność skupiającą lub rozpraszającą światło wykazuje również ośrodek o kształcie np. prostopadłościennym, w którym występuje odpowiednio utworzony rozkład współczynnika załamania, Δn . Elementy optyczne o tego typu dystrybucji Δn , noszą nazwę elementów gradientowych typu GRIN (ang. *gradient refractive index*), i produkowane są w roli np. soczewki czy światłowodu. Powszechnie dostępne elementy optyczne gradientowe mają jednak rozkład Δn ustalony już w czasie ich produkcji. Zatem, nie mogą zapewnić one zmienno-ogniskowości. Wszystkie ich właściwości optyczne są sztywno ustalone, podobnie jak w przypadku klasycznej soczewki wykonanej ze szkła czy polimeru. Rozkład Δn może jednak zostać wytworzony chwilowo w materiale pierwotnie jednorodnym optycznie. Cel ten można osiągnąć w materiałach przynajmniej trzech rodzajów. (1) Pierwszy z nich to materiał o właściwościach termo-optycznych. Absorpcja wiązki lasera powoduje lokalne podgrzanie materiału. Niejednorodność natężenia wiązki lasera w jej przekroju poprzecznym, postępujący wraz z wnikaniem światła w głąb materiału spadek natężenia wiązki lasera, oraz wymiana ciepła zachodząca między obszarami materiału o różnej temperaturze prowadzą do powstania w materiale termo-optycznym niejednorodnego rozkładu temperatury. Rozkład ten przekłada się na niejednorodny rozkład współczynnika załamania Δn . Zjawisko to określa się mianem cieplnego ogniskowania, a soczewkę tak powstałą określa się mianem soczewki cieplnej. (2) Drugim rodzajem materiału, w którym wiązka laserowa może wytworzyć rozkład współczynnika załamania Δn , jest materiał fotorefrakcyjny. Wiązka laserowa wytwarza w materiale fotorefrakcyjnym trwałą lub chwilową zmianę rozkładu ładunku elektrycznego, która skutkuje powstaniem lokalnego pola elektrycznego modyfikującego poprzez efekt elektro-optyczny współczynnik załamania materiału, prowadząc do powstania rozkładu Δn . (3) Trzecim rodzajem materiału, w którym wiązka laserowa może wytworzyć rozkład współczynnika załamania, jest polimerowy materiał fotoczuły, taki jak użyty w Angelini, A., Pirani, F., Frascella, F., Ricciardi, S., Descrovi, E. „Light-driven liquid microlens” *Proc. of SPIE* 10106, 1010610 (2017). Składa się on z cząsteczek polimerów zawieszonych w cieczy, których konformacja ulega modyfikacji na skutek absorpcji fotonu wiązki lasera. Zmiana konformacji prowadzi do zmiany gęstości, a ta do powstania rozkładu współczynnika załamania, Δn . W ogólności wiązka lasera może również wywołać pojawienie się sił elektrostrykcyjnych, optycznego efektu Kerra

czy efektu elektrokalorycznego prowadzących do powstania rozkładu Δn , które zostały omówione w Kie-lich S. „Molekularna optyka nieliniowa” PWN, Warszawa-Poznań, 1977. Obecny stan wiedzy i techniki wskazuje, że to materiały typu (1) oraz (3) najlepiej nadają się do tworzenia soczewek indukowanych wiązką laserową. W każdym przypadku, w którym tworzony przy użyciu wiązki lasera rozkład Δn nadaje światłu opóźnienie fazowe analogiczne do soczewki tradycyjnej, element optyczny, w którym taki rozkład Δn występuje nazywamy soczewką. Materiał, w którym taka soczewka może zostać utworzona, będzie dalej określany mianem materiału AGRIN (ang. active GRIN), a soczewka utworzona w takim materiale poprzez jego oświetlenie wiązką lasera będzie dalej określana mianem soczewki AGRIN. Soczewkę AGRIN można utworzyć wiązką lasera propagującą w kierunku równoległym do osi optycznej układu optycznego, którego soczewka AGRIN jest podzespołem, lub w kierunku poprzecznym do tej osi. W pierwszym przypadku, soczewka AGRIN może posiadać symetrię osiową, względem osi optycznej układu, którego soczewka jest podzespołem. W drugim przypadku soczewka AGRIN takiej symetrii nie wykazuje, a może funkcjonować w układzie optycznym, którego jest ona podzespołem, jako soczewka cylindryczna.

Dotychczasowe rozważania na temat stosowalności soczewki AGRIN w obrazowaniu dotyczyły soczewek współosiowych względem osi układu optycznego, którego soczewka była podzespołem. We wszystkich takich rozważaniach przekrój poprzeczny względem osi układu optycznego, mierzony dla zastosowanego elementu z materiału AGRIN oraz przekrój poprzeczny wiązki lasera tworzącej soczewkę AGRIN w tym materiale, miały średnice większe od przysłony aperturowej całego układu optycznego zawierającego samą soczewkę AGRIN. Fig. 1 przedstawia uproszczony schemat układu optycznego zaprezentowanego w Angelini, A., Pirani, F., Frascella, F., Ricciardi, S., Descrovi, E. „Light-driven liquid microlens” Proc. of SPIE 10106, 1010610 (2017). Jest to mikroskop z obiektywem 2 tworzącym obraz przedmiotu obserwacji 1 w nieskończoności. Bez obecności soczewki AGRIN 6, obraz ten jest następnie zamieniany przez okular 3 na obraz 4 powstały w płaszczyźnie obrazowej w skończonej odległości od obrazowej płaszczyzny głównej okularu. Dla klarowności opisu Fig. 1 nie uwzględnia żadnych aberracji układu optycznego. Podobnie bieg promieni zilustrowany na Fig. 1 nie musi wiernie odpowiadać biegowi narzuconemu przez kształt zilustrowanych schematycznie soczewek, a ma charakter wyłącznie poglądowy. Obecność materiału AGRIN w postaci płytki AGRIN 5, w którym jest tworzona soczewka rozpraszająca AGRIN 6, o przekroju wyraźnie większym od przysłony aperturowej układu, pozwala na utworzenie obrazu 4' w tej samej płaszczyźnie obrazowej, w której powstaje obraz 4 bez obecności soczewki AGRIN 6, przy czym obraz 4' odpowiada przedmiotowi 1' znajdującemu się w innej płaszczyźnie przedmiotowej niż przedmiot 1. Soczewka AGRIN 6 jest współosiowa z obiektywem i okulem, i modyfikuje kierunek biegu wszystkich promieni świetlnych przechodzących przez układ optyczny mikroskopu. Oznacza to, że obecność soczewki AGRIN 6 zmienia płaszczyznę przedmiotową mikroskopu.

Istotą wynalazku jest sposób tworzenia obrazu wielopłaszczyznowego z użyciem zmiennoogniskowej soczewki, polegający na tym, że na drodze promieni świetlnych pochodzących od pierwszego przedmiotu obserwacji, poprzez skierowanie wiązki lasera z zewnętrznego źródła laserowego prostopadłe na element optyczny układu optycznego o osi leżącej w jednej płaszczyźnie z osią układu optycznego, gdzie element optyczny jest nachylony pod kątem ostrym do osi układu optycznego, przepuszczający wiązkę światła, pochodzącego od przedmiotu obserwacji, a odbijający wiązkę lasera o średnicy mniejszej od średnicy przesłony aperturowej z zewnętrznego źródła laserowego, propagującej w kierunku równoległym do osi układu optycznego, ze współosiowo umiejscowionymi przed- i za płytką AGRIN soczewkami skupiającymi, na płytkę AGRIN, tworzy się w miejscu padania promieni na płytkę AGRIN, co najmniej jedna niezależna soczewka zmiennoogniskowa AGRIN o ogniskowej zależnej od odległości pierwszego i drugiego przedmiotu obserwacji od płytki AGRIN, indukowana regulowanym natężeniem wiązki lasera, rozpraszająca lub skupiająca, o niejednorodnym rozkładzie współczynnika załamania Δn i średnicy mniejszej niż średnica przesłony aperturowej układu optycznego oraz osi symetrii równoległej do osi układu optycznego, przy czym wszystkie promienie, które przenikają przez płytkę AGRIN i soczewkę AGRIN przenikają przez co najmniej jedną soczewkę skupiającą usytuowaną przed płytką AGRIN i co najmniej jedną soczewkę skupiającą za płytką AGRIN, w wyniku czego promienie pochodzące od pierwszego przedmiotu obserwacji, najpierw padają na co najmniej jedną soczewkę skupiającą, następnie część promieni przenika przez płytkę AGRIN a część przez wytworzoną w niej soczewkę AGRIN, przy czym wiązka światła, pochodzącego od pierwszego przedmiotu obserwacji przenikająca płytkę AGRIN i soczewkę AGRIN równoległe do osi układu optycznego, pada na co najmniej jedną soczewkę skupiającą i powstaje ostry obraz pierwszego przedmiotu obserwacji w odległości obrazowej

mierzonej od płaszczyzny głównej obrazowej 2P soczewki AGRIN, a promienie przechodzące przez płytkę AGRIN tworzą ostry obraz pierwszego przedmiotu obserwacji w tej samej odległości obrazowej mierzonej od płaszczyzny głównej obrazowej 2P soczewki AGRIN, w której powstaje obraz drugiego przedmiotu obserwacji, znajdującego się w innej płaszczyźnie przedmiotowej niż pierwszy przedmiot obserwacji, z którego to drugiego przedmiotu obserwacji wszystkie promienie świetlne najpierw padają na co najmniej jedną soczewkę skupiającą, następnie część promieni przenika przez płytkę AGRIN a część przez wytworzoną w niej soczewkę AGRIN, przy czym wiązka światła pochodzącego od drugiego przedmiotu obserwacji przenikająca płytkę AGRIN i soczewkę AGRIN równolegle do osi układu optycznego pada na co najmniej jedną soczewkę skupiającą i powstaje ostry obraz drugiego przedmiotu obserwacji w jednej płaszczyźnie obrazowej, tożsamer z płaszczyzną, w której powstał ostry obraz pierwszego przedmiotu obserwacji, natomiast na drodze promieni świetlnych pochodzących od kolejnego przedmiotu obserwacji poprzez skierowanie kolejnej wiązki lasera o średnicy mniejszej od średnicy przesłony aperturowej z kolejnego zewnętrznego źródła laserowego prostopadłe na element optyczny układu optycznego przepuszczający wiązkę światła pochodzącego od kolejnego przedmiotu obserwacji a odbijający kolejną wiązkę lasera, propagującą w kierunku równoległym do osi układu optycznego na płytkę AGRIN, tworzy się w miejscu padania promieni na płytkę AGRIN, kolejna niezależna soczewka zmiennoogniskowa AGRIN o ogniskowej zależnej od odległości kolejnego przedmiotu obserwacji od płytki AGRIN, indukowana regulowanym natężeniem kolejnej wiązki lasera, rozpraszająca lub skupiająca, o niejednorodnym rozkładzie współczynnika załamania Δn i średnicy mniejszej niż średnica przesłony aperturowej układu optycznego oraz osi symetrii równoległej do osi układu optycznego, gdzie wszystkie promienie świetlne pochodzące od kolejnego przedmiotu obserwacji, najpierw padają na co najmniej jedną soczewkę skupiającą, następnie część promieni przenika przez płytkę AGRIN a część przez wytworzoną w niej kolejną soczewkę AGRIN, przy czym wiązka światła pochodzącego od kolejnego przedmiotu obserwacji przenikająca płytkę AGRIN i soczewkę AGRIN równolegle do osi układu optycznego pada na co najmniej jedną soczewkę skupiającą i powstaje ostry obraz kolejnego przedmiotu obserwacji w tej samej płaszczyźnie obrazowej, w której powstał obraz pierwszego przedmiotu obserwacji i obraz drugiego przedmiotu obserwacji, tworząc w ten sposób wielopłaszczyznowy jednolity ostry obraz z połączenia obrazu pierwszego przedmiotu obserwacji, obrazu drugiego przedmiotu obserwacji i obrazu kolejnego przedmiotu obserwacji.

Korzystnym jest, jeżeli soczewka AGRIN rozpraszająca tworzy się, gdy drugi przedmiot obserwacji usytuowany jest w odległości przedmiotowej, mierzonej w osi układu optycznego od płaszczyzny głównej przedmiotowej soczewki AGRIN, większej od odległości przedmiotowej pierwszego przedmiotu obserwacji.

Korzystnym jest, jeżeli kolejna soczewka AGRIN rozpraszająca tworzy się, gdy kolejny przedmiot obserwacji usytuowany jest w odległości przedmiotowej, mierzonej w osi równoległej do osi układu optycznego od płaszczyzny głównej przedmiotowej 1P kolejnej soczewki AGRIN, większej od odległości przedmiotowej pierwszego przedmiotu obserwacji.

Korzystnym jest, jeżeli soczewka AGRIN skupiająca tworzy się, gdy drugi przedmiot obserwacji usytuowany jest w odległości przedmiotowej, mierzonej w osi układu optycznego od płaszczyzny głównej przedmiotowej 1P soczewki AGRIN mniejszej od odległości przedmiotowej pierwszego przedmiotu obserwacji.

Korzystnym jest, jeżeli kolejna soczewka AGRIN (6") skupiająca tworzy się, gdy kolejny przedmiot obserwacji usytuowany jest w odległości przedmiotowej, mierzonej w osi równoległej do osi układu optycznego od płaszczyzny głównej przedmiotowej 1P kolejnej soczewki AGRIN (6") mniejszej od odległości przedmiotowej pierwszego przedmiotu obserwacji.

Urządzenie do wytwarzania obrazu wielopłaszczyznowego z wykorzystaniem zmiennoogniskowej soczewki, które w swojej konstrukcji ma połączone dwa układy optyczny i mechaniczny umieszczone w obudowie, zawierające co najmniej jedno źródło światła laserowego, uchwyt przesuwany w dwóch prostopadłych kierunkach, element optyczny przepuszczający wiązkę światła pochodzącego od przedmiotu obserwacji w szerokim zakresie spektralnym a odbijający wiązkę lasera, płytkę AGRIN, filtr nie przepuszczający wiązki lasera, oraz obudowę utrzymującą podzespoły w stałych wzajemnych odległościach, charakteryzuje się tym, że zewnętrzne źródło laserowe wiązki lasera, w postaci lasera połączonego światłowodem z kolimatorem osadzonym w przesuwym uchwycie, zamocowanym suwliwie na górnej powierzchni obudowy i działającym w dwóch kierunkach prostopadłych do kierunku wychodzącej ze źródła laserowego wiązki lasera przechodzącej przez otwór w górnej powierzchni obudowy i padającej prostopadłe na element optyczny układu optycznego, zamocowane jest zaciskiem do przesuwego uchwytu, natomiast element optyczny układu optycznego o osi leżącej w jednej płaszczyźnie

z osią układu optycznego, gdzie element optyczny jest nachylony pod kątem ostrym do osi układu optycznego, usytuowany wewnątrz obudowy prostopadle do osi układu optycznego jest przytwierdzony przednią ścianą do przedniej powierzchni od wewnętrznej strony obudowy a tylną ścianą do tylnej powierzchni od wewnętrznej strony obudowy do przepuszczania wiązki światła pochodzącego od pierwszego i drugiego przedmiotu obserwacji, a odbijania wiązki lasera, natomiast płytką AGRIN, usytuowana za elementem optycznym układu optycznego w osi układu optycznego i zamocowana dolną powierzchnią do dolnej a górną powierzchnią do górnej powierzchni od strony wewnętrznej obudowy tak, że wiązka lasera pada na nią prostopadle, tworząc soczewkę AGRIN, natomiast za płytką AGRIN osiowo zamontowany jest i przytwierdzony czołowymi powierzchniami do dolnej i górnej powierzchni od wewnętrznej strony obudowy filtr, poza tym na bocznych powierzchniach od strony zewnętrznej obudowy w osi układu optycznego umiejscowione są łączniki do mocowania dodatkowych układów optycznych, ponadto do górnej powierzchni od strony zewnętrznej obudowy zamontowana jest kolejna obudowa, wewnątrz której zamocowany jest element optyczny kolejnej obudowy płaszczyzną boczną prostopadłą do osi układu optycznego, przytwierdzony jedną pionową powierzchnią boczną do pionowej bocznej ściany tej obudowy, a drugą pionową powierzchnią boczną do przeciwległej pionowej bocznej ściany obudowy, w której usytuowane jest kolejne zewnętrzne źródło laserowe, osadzone w kolejnym uchwycie przesuwным zamocowanym suwliwie na pionowej przeciwległej bocznej ścianie tejże obudowy, działającym w dwóch kierunkach prostopadłych do kierunku biegu kolejnej wiązki lasera, które zamocowane jest do kolejnego uchwytu przesuwного kolejnym zaciskiem, przy czym element optyczny kolejnej obudowy zamocowany jest w tejże obudowie o pionowych bocznych ścianach do przepuszczania wiązki lasera ze źródła laserowego a odbijania kolejnej wiązki lasera z kolejnego źródła laserowego, ponadto element optyczny układu optycznego jest umieszczony tak, że przepuszcza wiązkę światła pochodzącego od kolejnego przedmiotu obserwacji a odbija wiązki laserów, natomiast płytką AGRIN jest zamontowana tak, że wiązka lasera źródła laserowego pada na nią prostopadle, tworząc soczewkę AGRIN, a kolejna wiązka lasera kolejnego źródła laserowego pada na nią prostopadle, tworząc kolejną soczewkę AGRIN.

Korzystnym jest, jeżeli zewnętrznym źródłem laserowym i kolejnym zewnętrznym źródłem laserowym jest laser diodowy.

Korzystnym jest, jeżeli elementem optycznym układu optycznego jest lustro dichroiczne.

Korzystnym jest także, jeżeli elementem optycznym układu optycznego jest kostka światłodzieląca polaryzująca.

Korzystnym jest, jeżeli elementem optycznym kolejnej obudowy jest lustro dichroiczne.

Korzystnym jest także, jeżeli elementem optycznym kolejnej obudowy jest kostka światłodzieląca polaryzująca.

Korzystnym jest, jeżeli układ mechaniczny ma elektroniczne urządzenia sterujące do regulacji natężenia wiązek laserów.

Dzięki zastosowaniu rozwiązania według wynalazku uzyskano następujące efekty techniczno-użytkowe:

- możliwość uzyskania, w tej samej płaszczyźnie obrazowej układu optycznego zaopatrzonego w rozwiązanie, ostrego obrazu dwóch (lub więcej) przedmiotów znajdujących się w dwóch (lub więcej) różnych płaszczyznach przedmiotowych, przy czym odległość dzieląca te płaszczyzny przedmiotowe, mierzona w kierunku osi układu optycznego, może przekraczać odległość odpowiadającą maksymalnej głębi ostrości układu optycznego zaopatrzonego w rozwiązanie, natomiast przedmioty te nie mogą się wzajemnie zasłaniać,
- możliwość automatycznego dostosowywania ogniskowej soczewki(-ek) AGRIN stanowiącej integralną część rozwiązania oraz automatycznej zmiany położenia tej samej soczewki(-ek) AGRIN w celu automatycznego otrzymywania ostrego obrazu dwóch (lub więcej) przedmiotów, z których jeden (lub więcej) znajdują się w ruchu, przy jednoczesnej obserwacji ostrego obrazu jednego (lub więcej) przedmiotu nieruchomego, przy czym przedmioty ruchome i nieruchome mogą znajdować się w różnych płaszczyznach przedmiotowych układu optycznego zaopatrzonego w rozwiązanie, oddalonych od siebie o odległość przekraczającą tę, która odpowiada głębi ostrości układu optycznego zaopatrzonego w rozwiązanie, natomiast przedmioty te nie mogą się wzajemnie zasłaniać,
- możliwość skupiania światła pojedynczej wiązki laserowej w jednym lub kilku różnych punktach przestrzeni obrazowej elementu optycznego stanowiącego rozwiązanie, przy czym położenie

tych punktów może być zmieniane w sposób ciągły zarówno w kierunku osi optycznej elementu optycznego stanowiącego rozwiązanie, jak i w płaszczyźnie do tej osi prostopadłej,

- możliwość skupiania światła wielu wiązek laserowych w różnych punktach przestrzeni obrazowej elementu optycznego stanowiącego rozwiązanie, przy czym położenie tych punktów może być zmieniane w sposób ciągły w kierunku osi optycznej elementu.

Wynalazek w przykładowym, ale nie ograniczającym wykonaniu, został przedstawiony na rysunkach, gdzie Fig. 1 przedstawia uproszczony schemat układu optycznego zaprezentowanego w Angelini, A., Pirani, F., Frascella, F., Ricciardi, S., Descrovi, E. „Light-driven liquid microlens” Proc. of SPIE 10106, 1010610 2017, Fig. 2 przedstawia układ optyczny z pojedynczą soczewką AGRIN, Fig. 3 ilustruje wariant wynalazku z użyciem dwóch soczewek AGRIN, Fig. 4 ilustruje schematycznie metodę tworzenia soczewki AGRIN 6' w płytce AGRIN 5, Fig. 5 przedstawia rozwiązanie z użyciem jednej wiązki lasera, na Fig. 6 przedstawiono rozwiązanie wykorzystujące małe lasery diodowe jako źródła dwóch wiązek lasera, a Fig. 7 przedstawia przykładowe zdjęcie powstałego obrazu.

Na Fig. 2 schematycznie przedstawiono układ optyczny, w wariancie z pojedynczą soczewką AGRIN. Układ ten składa się z trzech wyróżnionych podzespołów całego zbioru elementów optycznych tworzących układ obrazowania. Do podzespołów należą: elementy optyczne tworzące podzbiór elementów optycznych pełniący funkcję przynajmniej jednej soczewki skupiającej 2 przed przeniknięciem przez soczewkę AGRIN 6', płytka AGRIN 5, oraz podzbiór elementów optycznych pełniący funkcję przynajmniej jednej soczewki skupiającej 3 po przeniknięciu przez soczewkę AGRIN 6'. Jeżeli przyjąć, że soczewka oka ludzkiego albo kamery nie stanowią elementu podzbioru elementów optycznych pełniący funkcję przynajmniej jednej soczewki skupiającej 3 po przeniknięciu przez soczewkę AGRIN 6', wówczas na ogół do obrazowania zostaje użyta wyłącznie płytka AGRIN 5, lub płytka AGRIN 5 i podzbiór elementów optycznych pełniący funkcję przynajmniej jednej soczewki skupiającej 2 przed przeniknięciem przez soczewkę AGRIN 6', lub płytka AGRIN 5 i podzbiór elementów optycznych pełniący funkcję przynajmniej jednej soczewki skupiającej 3 po przeniknięciu przez soczewkę AGRIN 6', lub wszystkie trzy podzespoły przedstawione na Fig. 2. Na Fig. 2 zilustrowano uproszczony schemat mikroskopu zawierającego soczewkę AGRIN 6', a podzbiór elementów optycznych pełniący funkcję przynajmniej jednej soczewki skupiającej 2 przed przeniknięciem przez soczewkę AGRIN 6' odgrywa w nim rolę obiektywu, natomiast podzbiór elementów optycznych pełniący funkcję przynajmniej jednej soczewki skupiającej 3 po przeniknięciu przez soczewkę AGRIN 6' odgrywa w nim rolę okularu i dla uproszczenia są oba te podzbiory zilustrowane jako pojedyncze soczewki skupiające 2 i 3. W płytce AGRIN 5 wytwarzany jest za pomocą niezilustrowanej wiązki laserowej obszar o niejednorodnym rozkładzie współczynnika załamania Δn , odgrywający rolę soczewki AGRIN 6' o właściwie dobranej ogniskowej. Soczewka AGRIN 6' różni się od soczewki AGRIN 6 średnicą przekroju. W przypadku soczewki AGRIN 6' średnica ta jest wyraźnie mniejsza od przysłony aperturowej układu optycznego (np. mikroskopu), którego soczewka AGRIN jest podzespołem. Na Fig. 2 soczewka AGRIN 6' jest zlokalizowana współosiowo z osią optyczną obiektywu 2 i okularu 3, tj. leży w osi 14 układu optycznego. Wcale nie musi tak być. Na ogół, soczewka AGRIN 6' może zostać utworzona za pomocą wiązki laserowej w obszarze pozaosiowym. Fig. 2 schematycznie ilustruje działanie soczewki AGRIN 6'. Fig. 2 nie uwzględnia żadnych aberracji układu optycznego. Podobnie bieg promieni zilustrowany na Fig. 2 nie musi wiernie odpowiadać biegowi narzuconemu przez kształt zilustrowanych schematycznie soczewek, a ma charakter wyłącznie poglądowy. Na Fig. 2 zilustrowano dwa przedmioty obrazowania. Pierwszy przedmiot obserwacji 1 opuszczają dwa typy promieni: wiązka promieni aperturowych i wiązka promieni polowych. Promienie aperturowe przenikają soczewkę AGRIN 6'. Promienie polowe przenikają płytkę AGRIN 5, lecz w obszarze o jednorodnym rozkładzie współczynnika załamania Δn . W zilustrowanym na Fig. 2 przykładowym układzie optycznym, soczewka AGRIN 6' jest typu rozpraszającego. Dzieje się tak, gdy niejednorodny rozkład współczynnika załamania Δn odpowiada najmniejszej wartości współczynnika załamania n w osi optycznej soczewki AGRIN, a maksymalnej na jej brzegach. Promienie aperturowe pierwszego przedmiotu obserwacji 1 zostają w efekcie odchyłone od osi optycznej soczewki AGRIN 6'. To prowadzi do powstania obrazu 4'' osiowego pierwszego przedmiotu obserwacji 1 w odległości obrazowej mierzonej od drugiej płaszczyzny głównej 2P soczewki AGRIN 6' większej niż bez obecności soczewki AGRIN 6'. Promienie polowe pierwszego przedmiotu obserwacji 1 nie ulegają dodatkowemu ugięciu i tworzą obraz 4 pierwszego przedmiotu obserwacji 1 w odległości od drugiej płaszczyzny głównej 2P soczewki AGRIN 6' mniejszej niż w obecności soczewki AGRIN 6'. Drugi przedmiot obserwacji 1' znajduje się w odległości mierzonej od pierwszej płaszczyzny głównej 1P soczewki

AGRIN 6' większej od odległości przedmiotowej pierwszego przedmiotu obserwacji 1. W efekcie obiektyw tworzy obraz drugiego przedmiotu obserwacji 1' w skończonej odległości obrazowej. Drugi przedmiot obserwacji 1' jest jednak na tyle małych rozmiarów, że zarówno promienie aperturowe jak i polowe, których wiązki opuszczają drugi przedmiot obserwacji 1', przenikają przez soczewkę AGRIN 6'. Soczewka AGRIN 6' tak modyfikuje bieg promieni aperturowych i polowych drugiego przedmiotu obserwacji 1', że obraz drugiego przedmiotu obserwacji 1' ponownie jest tworzony w nieskończoności. W efekcie okular tworzy obraz 4' drugiego przedmiotu obserwacji 1' w tej samej płaszczyźnie obrazowej okularu, w której znajduje się obraz 4 pierwszego przedmiotu obserwacji 1. Możliwa jest równoczesna obserwacja ostrego obrazu 4 pierwszego przedmiotu obserwacji 1, oraz ostrego obrazu 4' drugiego przedmiotu obserwacji 1'.

Fig. 3 ilustruje wariant wynalazku z użyciem soczewki AGRIN 6' i kolejnej soczewki AGRIN 6''. Na drodze promieni świetlnych pochodzących od kolejnego przedmiotu obserwacji 1''', poprzez skierowanie kolejnej wiązki lasera 8'' z kolejnego źródła laserowego 23'', propagującej w kierunku równoległym do osi 14 układu optycznego na płytkę AGRIN 5, tworzy się w miejscu padania promieni na płytkę AGRIN 5, kolejną soczewkę zmiennoogniskową AGRIN 6'' o średnicy mniejszej niż średnica przesłony aperturowej układu optycznego i osi symetrii równoległej do osi 14 układu optycznego, gdzie wszystkie promienie świetlne pochodzące od kolejnego przedmiotu obserwacji 1''', które przechodzą przez układ optyczny użyty do obrazowania i przenikają przez kolejną soczewkę AGRIN 6'' tworzą ostry obraz 4''' kolejnego przedmiotu obserwacji 1''' w tej samej płaszczyźnie, w której powstał obraz 4 pierwszego przedmiotu obserwacji 1 i obraz 4' drugiego przedmiotu obserwacji 1', tworząc w ten sposób wielopłaszczyznowy jednolity ostry obraz z połączenia obrazu 4 pierwszego przedmiotu obserwacji 1, obrazu 4' drugiego przedmiotu obserwacji 1' i obrazu 4''' kolejnego przedmiotu obserwacji 1'''.

W efekcie, w tej samej płaszczyźnie obserwacji tworzony jest obraz trzech przedmiotów obserwacji leżących w różnych płaszczyznach przedmiotowych.

Fig. 4 ilustruje schematycznie metodę tworzenia soczewki AGRIN 6' w płytce AGRIN 5. Promienie pierwszego przedmiotu obserwacji 1 i drugiego przedmiotu obserwacji 1' tworzą wiązkę światła 7 pochodzącego od przedmiotów obserwacji 1 i 1'. Strzałka na ilustracji tej wiązki przedstawia kierunek propagacji od przedmiotu obserwacji do obrazu. Wiązka lasera 8 o długości fali, λ_{laser} , dobranej właściwie do materiału AGRIN płytki AGRIN 5, jest kierowana za pomocą działającego w dowolny sposób układu przesuwającego 10 w stronę elementu optycznego 9, którym jest lustro dichroiczne przepuszczające wiązkę światła 7 pochodzącego od przedmiotu obserwacji, a odbijające wiązkę lasera 8. Dla ilustracji wiązki lasera naniesiono strzałkę obrazującą kierunek propagacji wiązki lasera 8. Odbita od elementu optycznego 9, tj. lustra dichroicznego, wiązka lasera 8 porusza się równoległe do osi 14 układu optycznego i pada na płytkę AGRIN 5 zbudowaną z materiału AGRIN, w którym tworzy soczewkę AGRIN 6'. Za płytką AGRIN 5 znajduje się filtr 12, który nie przepuszcza światła o długości fali wiązki lasera 8, λ_{laser} , której część mogła przeniknąć przez płytkę AGRIN 5, natomiast filtr 12 przepuszcza światło o innej długości niż długość światła wiązki lasera 8. Obecność filtra 12 nie jest konieczna, jeżeli zakres intensywności wiązki lasera 8 oraz właściwości optyczne płytki AGRIN 5 (np. jej współczynnik transmisji dla długości fali λ_{laser}) są tak dobrane, że dla dowolnej intensywności wiązki lasera 8 światło wiązki lasera nie przenika płytki AGRIN 5. Zilustrowana przykładowo soczewka AGRIN 6' na Fig. 4 jest typu rozpraszającego i czyni część 13 wiązki światła 7 pochodzącego od przedmiotu obserwacji przechodzącego przez układ optyczny i przez soczewkę AGRIN 6' bardziej rozbieżną/mniej zbieżną w stosunku do wiązki światła 7 pochodzącego od przedmiotu obserwacji wchodzącej do płytki AGRIN 5.

Właściwy dobór długości fali, λ_{laser} , wiązki lasera 8 do materiału AGRIN płytki AGRIN 5 oznacza, że jest ona pochłaniana przez materiał AGRIN i prowadzi do utworzenia rozkładu współczynnika załamania Δn wewnątrz materiału AGRIN według mechanizmów wcześniej opisanych.

Wynalazek w przykładowym wykonaniu został przedstawiony na Fig. 5 i 6, gdzie Fig. 5 przedstawia rozwiązanie z użyciem jednej wiązki lasera 8 doprowadzanej do układu za pomocą światłowodu 20 i kolimatora światłowodowego 17. Kolimator światłowodowy 17 zamontowany jest w przesuwym uchwycie 18, zamocowanym suwliwie na górnej powierzchni obudowy 22 i działającym w dwóch kierunkach, prostopadłych do kierunku biegu wiązki 8 lasera opuszczającej kolimator światłowodowy 17. Na Fig. 5 zilustrowano możliwość przesuwania kolimatora 17 jedynie w jednym kierunku, w płaszczyźnie równoległej do osi optycznej układu 14, a przesuw odbywa się za pomocą np. ręcznej śruby mikrometrycznej 21 lub zmotoryzowanej śruby sterowanej elektronicznie. Kolimator światłowodowy 17 jest przymocowany do uchwytu przesuwego 18 za pomocą zacisku 19. Światło wiązki lasera 8 emitowane

przez kolimator światłowodowy 17 jest kierowane w stronę elementu optycznego 9, tj. lustro dichroicznego, prostopadle na element optyczny 9 układu optycznego o osi leżącej w jednej płaszczyźnie z osią 14 układu optycznego, gdzie element optyczny 9 jest nachylony pod kątem ostrym do osi 14 układu optycznego i umiejscowiony wewnątrz obudowy 22, przytwierdzony przednią ścianą do przedniej powierzchni od wewnętrznej strony obudowy 22 a tylną ścianą do tylnej powierzchni od wewnętrznej strony obudowy 22 w taki sposób, że przepuszcza wiązki światła 7 pochodzącego od przedmiotu obserwacji 1 i 1', a odbija wiązkę lasera 8. Następnie wiązka lasera pada na płytkę AGRIN 5, usytuowaną za elementem optycznym 9 w osi 14 układu optycznego i zamocowaną dolną powierzchnią do dolnej a górną powierzchnią do górnej powierzchni od strony wewnętrznej obudowy 22, która jest usytuowana w taki sposób, że wiązka lasera 8 pada na nią prostopadle, tworząc soczewkę AGRIN 6'. Za płytką AGRIN 5 pozostałe światło wiązki lasera 8 jest pochłaniane przez filtr 12, zamontowany i przytwierdzony czołowymi powierzchniami do dolnej i górnej powierzchni od wewnętrznej strony obudowy 22. Element optyczny 9, płytkę AGRIN 5 oraz filtr 12 są zamocowane wspólnie z osią 14 układu optycznego, w obudowie 22. Natomiast do górnej powierzchni od strony zewnętrznej obudowy 22 zamontowana jest kolejna obudowa, wewnątrz której zamocowany jest element optyczny 24, w postaci kostki światłodzielącej polaryzującej, płaszczyzną boczną prostopadłą do osi 14 układu optycznego, przytwierdzony jedną pionową powierzchnią boczną do pionowej bocznej ściany 22' tej obudowy, a drugą pionową powierzchnią boczną do przeciwległej pionowej bocznej ściany 22'' obudowy, w której usytuowane jest kolejne zewnętrzne źródło laserowe 23'' w postaci lasera diodowego, osadzone w kolejnym uchwycie przesuwym 18'' zamocowanym suwliwie na pionowej przeciwległej bocznej ścianie 22'' tejże obudowy, działającym w dwóch kierunkach prostopadłych do kierunku biegu drugiej wiązki lasera 8'', które zamocowane jest do kolejnego uchwytu przesuwego 18'' kolejnym zaciskiem 19''. Element optyczny 24 kolejnej obudowy, w postaci kostki światłodzielącej polaryzującej zamocowany jest w tejże obudowie o pionowych bocznych ścianach 22' i 22'' w taki sposób, że przepuszcza wiązkę lasera 8 ze źródła laserowego 23 jakim jest laser diodowy a odbija kolejną wiązkę lasera 8'' z kolejnego źródła laserowego 23'' jakim jest kolejny laser diodowy, ponadto element optyczny 9 w postaci lustro dichroicznego jest umieszczony w taki sposób, że przepuszcza wiązkę światła 7 pochodzącego od kolejnego przedmiotu obserwacji 1''' a odbija obie wiązki laserów 8 i 8'', natomiast płytkę AGRIN 5 jest zamontowana w taki sposób, że wiązka lasera 8 źródła laserowego 23 jakim jest laser diodowy pada na nią prostopadle, tworząc soczewkę AGRIN 6', a kolejna wiązka lasera 8'' kolejnego źródła laserowego 23'' jakim jest laser diodowy pada na nią prostopadle, tworząc kolejną soczewkę AGRIN 6''.

Obudowa 22 połączona z kolejną obudową o pionowych bocznych ścianach 22' i 22'' układów optycznych zilustrowanych na Fig. 5 i 6 stanowi integralną część obudowy większego układu optycznego takiego jak zobrazowany na Fig. 2, lub obudowa układów optycznych zilustrowanych na Fig. 5 i 6 może być zakończona elementami pozwalającymi na łączenie tych układów z innymi układami optycznymi np. za pomocą gwintu 15 i 16. Przykładowo w układzie zilustrowanym na Fig. 2 gwint 15 służy łączeniu układów optycznych zilustrowanych na Fig. 5 i 6 z elementem optycznym pełniącym funkcję przynajmniej jednej soczewki skupiającej 2 przed przeniknięciem przez soczewkę AGRIN 6', a gwint 16 służy łączeniu układów optycznych zilustrowanych na Fig. 5 i 6 z elementem optycznym pełniącym funkcję przynajmniej jednej soczewki skupiającej 3 po przeniknięciu przez soczewkę AGRIN 6'. Fig. 6 przedstawia rozwiązanie z użyciem dwóch wiązek laserowych 8 i 8'', mogących tworzyć w płytce AGRIN 5 dwie niezależne soczewki AGRIN 6' i AGRIN 6''. Na Fig. 6 przedstawiono rozwiązanie wykorzystujące małe lasery diodowe 23 i 23'', jako źródła dwóch wiązek lasera 8 i 8''. W celach ilustracyjnych są one przedstawione, jako przesunięte względem środków uchwytów przesuwnych 18 i 18'', w których lasery diodowe 23 i 23'' są zamocowane. Przesunięcie laserów diodowych 23 i 23'' odbywa się za pomocą śrub 21 i 21''. Wiązki lasera 8 i 8'' emitowane przez lasery diodowe 23 i 23'' są kierowane na element optyczny 24, który przepuszcza wiązkę lasera 8 padającą na niego w kierunku prostopadłym do osi 14 układu optycznego, a odbija pod kątem prostym kolejną wiązkę lasera 8'' padającą na niego w kierunku równoległym do osi 14 układu optycznego. Rolę takiego elementu może odgrywać kostka światłodzieląca polaryzująca 24. Zakładając, że światło wiązek lasera 8 i 8'' obu laserów diodowych 23 i 23'' jest spolaryzowane we właściwy sposób, kostka światłodzieląca polaryzująca 24 może z wydajnością bliską 100% kierować obie wiązki 8 i 8'' laserów diodowych 23 i 23'' w kierunku elementu optycznego 9, tj. lustro dichroicznego. Pozostałe elementy układu zilustrowanego na Fig. 6 odgrywają taką samą rolę jak ich odpowiedniki z Fig. 5. Różni je obecność wyróżnionej na Fig. 6 pionowej bocznej ściany 22' obudowy. W przypadku, gdy element optyczny 24 kieruje część światła obu wiązek 8 i 8'' laserów diodowych 23 i 23'' w kierunku pionowej bocznej ściany 22' obudowy, co ma miejsce, np. gdy jego rolę

odgrywa kostka światłodzielną polaryzującą, wówczas element w postaci pionowej bocznej ściany 22' obudowy je pochłania, a powstałe w ten sposób ciepło oddaje do otoczenia np. za pomocą radiatora. Fig. 7 przedstawia trzy zdjęcia obrazujące efekt końcowy działania lokalnej soczewki indukowanej światłem lasera. Po lewej stronie widać obraz podziałki mikroskopowej o długości działki elementarnej równej 50 μm , a pod nią próbki przekroju łodygi dyni – ostrość obiektywu mikroskopu ustawiona na podziałce. Po prawej stronie widać ten sam obraz jednak z ostrością ustawioną na przekrój łodygi dyni. W środku widać obraz tej samej pary próbek z aktywną soczewką indukowaną w obszarze zaznaczonym kółkiem. Obecność soczewki indukowanej powoduje ostrzenie obrazu przekroju łodygi dyni w obszarze poddanym działaniu soczewki indukowanej, a w pozostałym obszarze ostry jest obraz podziałki.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób tworzenia obrazu wielopłaszczyznowego z użyciem zmiennoogniskowej soczewki, **znamienny tym**, że na drodze promieni świetlnych pochodzących od pierwszego przedmiotu obserwacji (1), poprzez skierowanie wiązki lasera (8) z zewnętrznego źródła laserowego (23) prostopadłe na element optyczny (9) układu optycznego o osi leżącej w jednej płaszczyźnie z osią (14) układu optycznego, gdzie element optyczny (9) jest nachylony pod kątem ostrym do osi (14) układu optycznego, przepuszczający wiązkę światła (7), pochodzącego od przedmiotu obserwacji, a odbijający wiązkę lasera (8) o średnicy mniejszej od średnicy przesłony aperturowej z zewnętrznego źródła laserowego (23), propagującej w kierunku równoległym do osi (14) układu optycznego, ze współosiowo umiejscowionymi przed- i za płytką AGRIN (5) soczewkami skupiającymi (2) i (3), na płytkę AGRIN (5), tworzy się w miejscu padania promieni na płytkę AGRIN (5), co najmniej jedna niezależna soczewka zmiennoogniskowa AGRIN (6') o ogniskowej zależnej od odległości pierwszego i drugiego przedmiotu obserwacji (1 i 1') od płytki AGRIN (5), indukowana regulowanym natężeniem wiązki lasera (8), rozpraszająca lub skupiająca, o niejednorodnym rozkładzie współczynnika załamania Δn i średnicy mniejszej niż średnica przesłony aperturowej układu optycznego oraz osi symetrii równoległej do osi (14) układu optycznego, przy czym wszystkie promienie, które przenikają przez płytkę AGRIN (5) i soczewkę AGRIN (6') przenikają przez co najmniej jedną soczewkę skupiającą (2) usytuowaną przed płytką AGRIN (5) i co najmniej jedną soczewkę skupiającą (3) za płytką AGRIN (5), w wyniku czego promienie pochodzące od pierwszego przedmiotu obserwacji (1), najpierw padają na co najmniej jedną soczewkę skupiającą (2), następnie część promieni przenika przez płytkę AGRIN (5) a część przez wytworzoną w niej soczewkę AGRIN (6'), przy czym wiązka światła (7), pochodzącego od pierwszego przedmiotu obserwacji (1) przenikająca płytkę AGRIN (5) i soczewkę AGRIN (6') równoległe do osi (14) układu optycznego, pada na co najmniej jedną soczewkę skupiającą (3) i powstaje ostry obraz (4'') pierwszego przedmiotu obserwacji (1) w odległości obrazowej mierzonej od płaszczyzny głównej obrazowej (2P) soczewki AGRIN (6'), a promienie przechodzące przez płytkę AGRIN (5) tworzą ostry obraz (4) pierwszego przedmiotu obserwacji (1) w tej samej odległości obrazowej mierzonej od płaszczyzny głównej obrazowej (2P) soczewki AGRIN (6'), w której powstaje obraz (4') drugiego przedmiotu obserwacji (1'), znajdującego się w innej płaszczyźnie przedmiotowej niż pierwszy przedmiot obserwacji (1), z którego to drugiego przedmiotu obserwacji (1') wszystkie promienie świetlne najpierw padają na co najmniej jedną soczewkę skupiającą (2), następnie część promieni przenika przez płytkę AGRIN (5) a część przez wytworzoną w niej soczewkę AGRIN (6'), przy czym wiązka światła (7) pochodzącego od drugiego przedmiotu obserwacji (1') przenikająca płytkę AGRIN (5) i soczewkę AGRIN (6') równoległe do osi (14) układu optycznego pada na co najmniej jedną soczewkę skupiającą (3) i powstaje ostry obraz (4') drugiego przedmiotu obserwacji (1') w jednej płaszczyźnie obrazowej, tożsamej z płaszczyzną, w której powstał ostry obraz (4) pierwszego przedmiotu obserwacji (1), natomiast na drodze promieni świetlnych pochodzących od kolejnego przedmiotu obserwacji (1''') poprzez skierowanie kolejnej wiązki lasera (8'') o średnicy mniejszej od średnicy przesłony aperturowej z kolejnego zewnętrznego źródła laserowego (23'') prostopadłe na element optyczny (9) układu optycznego przepuszczający wiązkę światła obrazowania (7) a odbijający kolejną wiązkę lasera (8''), propagującej w kierunku równoległym do osi (14) układu optycznego na płytkę AGRIN (5), tworzy się w miejscu padania promieni na płytkę AGRIN (5), kolejna

niezależna soczewka zmiennoogniskowa AGRIN (6'') o ogniskowej zależnej od odległości kolejnego przedmiotu obserwacji (1''') od płytki AGRIN (5), indukowana regulowanym natężeniem kolejnej wiązki lasera (8''), rozpraszająca lub skupiająca, o niejednorodnym rozkładzie współczynnika załamania Δn i średnicy mniejszej niż średnica przesłony aperturowej układu optycznego oraz osi symetrii równoległej do osi (14) układu optycznego, gdzie wszystkie promienie świetlne pochodzące od kolejnego przedmiotu obserwacji (1'''), najpierw padają na co najmniej jedną soczewkę skupiającą (2), następnie część promieni przenika przez płytkę AGRIN (5) a część przez wytworzoną w niej kolejną soczewkę AGRIN (6''), przy czym wiązka światła (7) pochodzącego od kolejnego przedmiotu obserwacji (1''') przenikająca płytkę AGRIN (5) i soczewkę AGRIN (6'') równoległe do osi (14) układu optycznego pada na co najmniej jedną soczewkę skupiającą (3) i powstaje ostry obraz (4''') kolejnego przedmiotu obserwacji (1''') w tej samej płaszczyźnie obrazowej, w której powstał obraz (4) pierwszego przedmiotu obserwacji (1) i obraz (4') drugiego przedmiotu obserwacji (1'), tworząc w ten sposób wielopłaszczyznowy jednolity ostry obraz z połączenia obrazu (4) pierwszego przedmiotu obserwacji (1), obrazu (4') drugiego przedmiotu obserwacji (1') i obrazu (4''') kolejnego przedmiotu obserwacji (1''').

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że soczewka AGRIN (6') rozpraszająca tworzy się, gdy drugi przedmiot obserwacji (1') usytuowany jest w odległości przedmiotowej, mierzonej w osi (14) układu optycznego od płaszczyzny głównej przedmiotowej (1P) soczewki AGRIN (6'), większej od odległości przedmiotowej pierwszego przedmiotu obserwacji (1).
3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że kolejna soczewka AGRIN (6'') rozpraszająca tworzy się, gdy kolejny przedmiot obserwacji (1''') usytuowany jest w odległości przedmiotowej, mierzonej w osi równoległej do osi (14) układu optycznego od płaszczyzny głównej przedmiotowej (1P) kolejnej soczewki AGRIN (6''), większej od odległości przedmiotowej pierwszego przedmiotu obserwacji (1).
4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że soczewka AGRIN (6') skupiająca tworzy się, gdy drugi przedmiot obserwacji (1') usytuowany jest w odległości przedmiotowej, mierzonej w osi (14) układu optycznego od płaszczyzny głównej przedmiotowej (1P) soczewki AGRIN (6') mniejszej od odległości przedmiotowej pierwszego przedmiotu obserwacji (1).
5. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że kolejna soczewka AGRIN (6'') skupiająca tworzy się, gdy kolejny przedmiot obserwacji (1''') usytuowany jest w odległości przedmiotowej, mierzonej w osi równoległej do osi (14) układu optycznego od płaszczyzny głównej przedmiotowej (1P) kolejnej soczewki AGRIN (6'') mniejszej od odległości przedmiotowej pierwszego przedmiotu obserwacji (1).
6. Urządzenie do wytwarzania obrazu wielopłaszczyznowego z wykorzystaniem zmiennoogniskowej soczewki, które w swojej konstrukcji ma połączone dwa układy optyczny i mechaniczny umieszczone w obudowie, zawierające co najmniej jedno źródło światła laserowego, uchwyt przesuwny w dwóch prostopadłych kierunkach, element optyczny przepuszczający wiązkę światła pochodzącego od przedmiotu obserwacji w szerokim zakresie spektralnym a odbijający wiązkę lasera, płytkę AGRIN, filtr nie przepuszczający wiązki lasera, oraz obudowę utrzymującą podzespoły w stałych wzajemnych odległościach, **znamiennie tym**, że zewnętrzne źródło laserowe (23) wiązki lasera (8), w postaci lasera połączonego światłowodem (20) z kolimatorem (17) osadzonym w przesuwym uchwycie (18), zamocowanym suwliwie na górnej powierzchni obudowy (22) i działającym w dwóch kierunkach prostopadłych do kierunku wychodzącej ze źródła laserowego (23) wiązki lasera (8) przechodzącej przez otwór w górnej powierzchni obudowy (22) i padającej prostopadle na element optyczny (9) układu optycznego, zamocowane jest zaciskiem (19) do przesuwego uchwytu (18), natomiast element optyczny (9) układu optycznego o osi leżącej w jednej płaszczyźnie z osią (14) układu optycznego, gdzie element optyczny (9) jest nachylony pod kątem ostrym do osi (14) układu optycznego, usytuowany wewnątrz obudowy (22) prostopadle do osi (14) układu optycznego jest przytwierdzony przednią ścianą do przedniej powierzchni od wewnętrznej strony obudowy (22) a tylną ścianą do tylnej powierzchni od wewnętrznej strony obudowy (22) do przepuszczania wiązki światła (7) pochodzącego od pierwszego i drugiego przedmiotu obserwacji (1, 1'), a odbijania wiązki lasera (8), natomiast płytka AGRIN (5), usytuowana za elementem optycznym (9) układu optycznego w osi (14) układu optycznego i zamocowana dolną powierzchnią do dolnej a górną powierzchnią do górnej powierzchni od strony wewnętrznej obudowy (22) tak,

że wiązka lasera (8) pada na nią prostopadle, tworząc soczewkę AGRIN (6'), natomiast za płytką AGRIN (5) osiowo zamontowany jest i przytwierdzony czołowymi powierzchniami do dolnej i górnej powierzchni od wewnętrznej strony obudowy (22) filtr (12), poza tym na bocznych powierzchniach od strony zewnętrznej obudowy (22) w osi (14) układu optycznego umiejscowione są łączniki (15, 16) do mocowania dodatkowych układów optycznych, ponadto do górnej powierzchni od strony zewnętrznej obudowy (22) zamontowana jest kolejna obudowa, wewnątrz której zamocowany jest element optyczny (24) kolejnej obudowy płaszczyzną boczną prostopadłą do osi (14) układu optycznego, przytwierdzony jedną pionową powierzchnią boczną do pionowej bocznej ściany (22') tej obudowy, a drugą pionową powierzchnią boczną do przeciwległej pionowej bocznej ściany (22'') obudowy, w której usytuowane jest kolejne zewnętrzne źródło laserowe (23''), osadzone w kolejnym uchwycie przesuwym (18'') zamocowanym suwliwie na pionowej przeciwległej bocznej ścianie (22'') tejże obudowy, działającym w dwóch kierunkach prostopadłych do kierunku biegu kolejnej wiązki lasera (8''), które zamocowane jest do kolejnego uchwytu przesuwego (18'') kolejnym zaciskiem (19''), przy czym element optyczny (24) kolejnej obudowy zamocowany jest w tejże obudowie o pionowych bocznych ścianach (22', 22'') do przepuszczania wiązki lasera (8) ze źródła laserowego (23) a odbijania kolejnej wiązki lasera (8'') z kolejnego źródła laserowego (23''), ponadto element optyczny (9) układu optycznego jest umieszczony tak, że przepuszcza wiązkę światła (7) pochodzącego od kolejnego przedmiotu obserwacji a odbija wiązki laserów (8 i 8''), natomiast płytką AGRIN (5) jest zamontowana tak, że wiązka lasera (8) źródła laserowego (23) pada na nią prostopadle, tworząc soczewkę AGRIN (6'), a kolejna wiązka lasera (8'') kolejnego źródła laserowego (23'') pada na nią prostopadle, tworząc kolejną soczewkę AGRIN (6'').

7. Urządzenie według zastrz. 6, **znamienne tym**, że zewnętrznym źródłem laserowym (23) i kolejnym zewnętrznym źródłem laserowym (23'') jest laser diodowy.
8. Urządzenie według zastrz. 6, **znamienne tym**, że elementem optycznymi (9) układu optycznego jest lustro dichroiczne.
9. Urządzenie według zastrz. 6, **znamienne tym**, że elementem optycznymi (9) układu optycznego jest kostka światłodziela polaryzująca.
10. Urządzenie według zastrz. 6, **znamienne tym**, że elementem optycznym (24) kolejnej obudowy jest lustro dichroiczne.
11. Urządzenie według zastrz. 6, **znamienne tym**, że elementem optycznym (24) kolejnej obudowy jest kostka światłodziela polaryzująca.
12. Urządzenie według zastrz. 6, **znamienne tym**, że ma elektroniczne urządzenia sterujące do regulacji natężenia wiązek laserów (8, 8'').

Rysunki

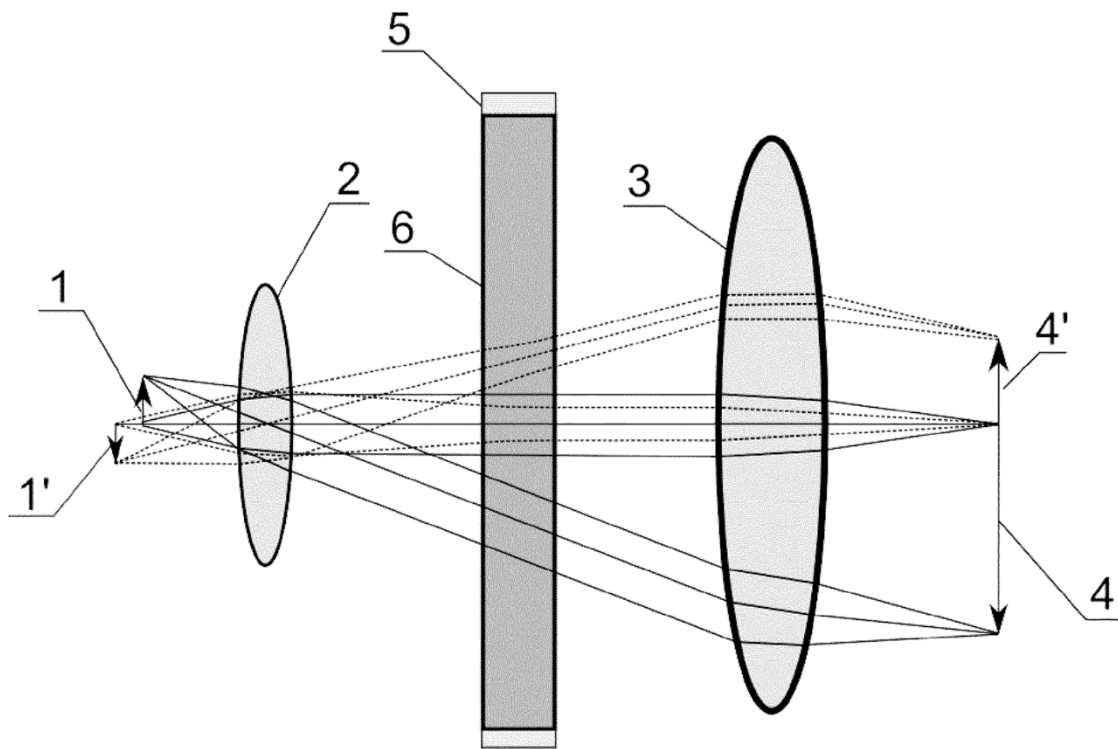


Fig. 1

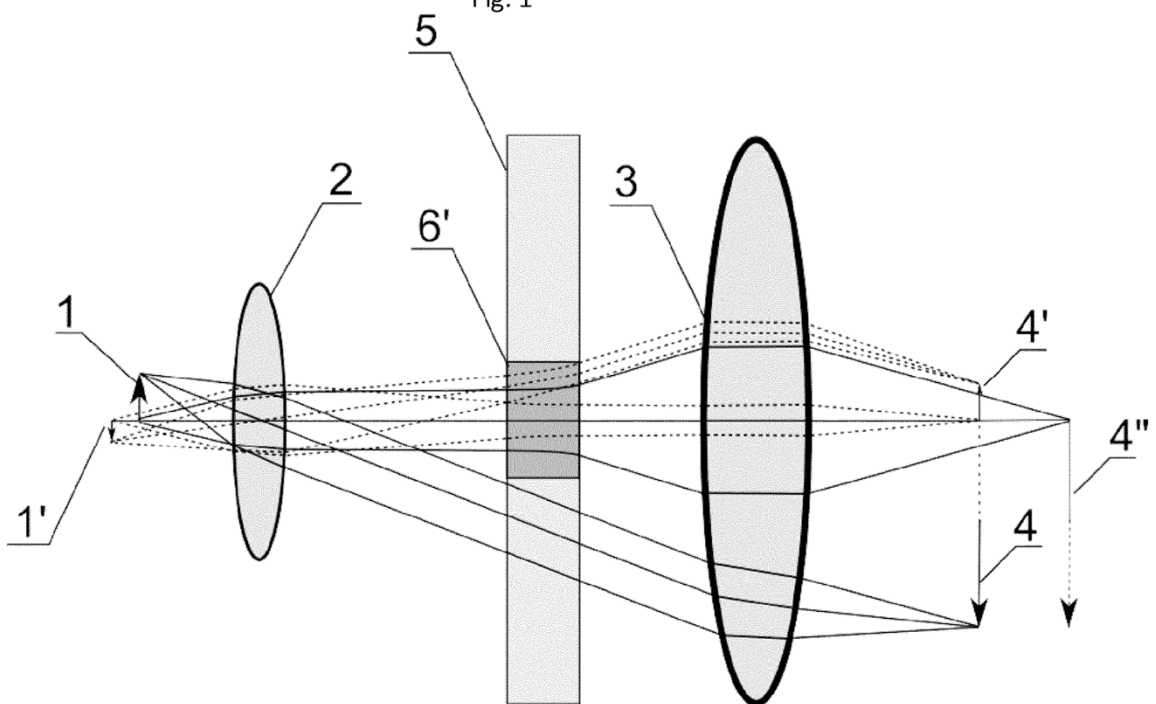


Fig. 2

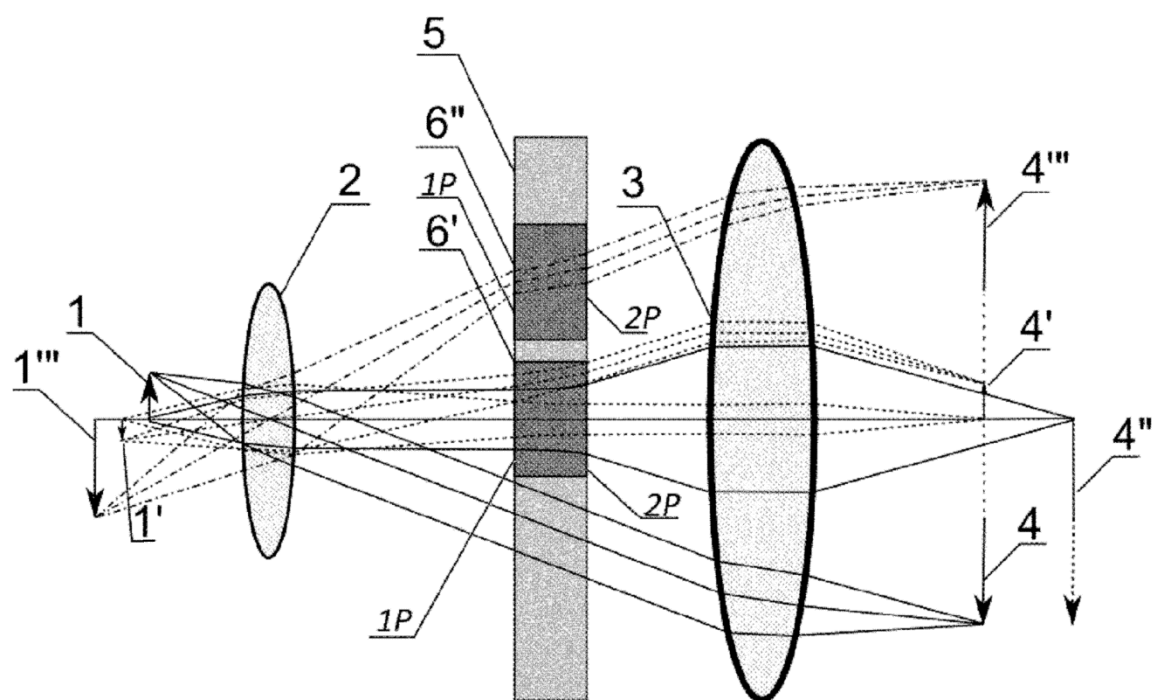


Fig. 3

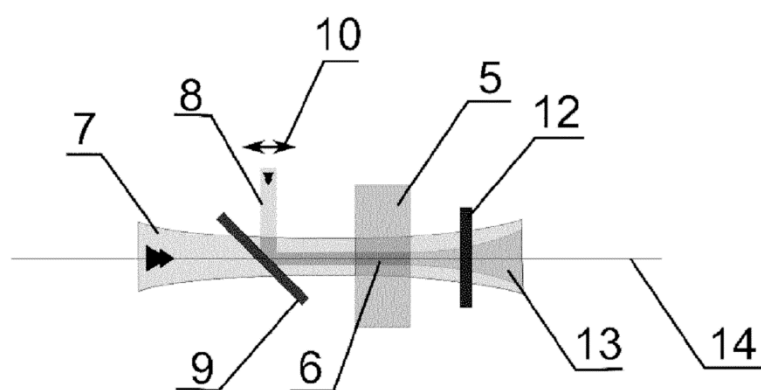


Fig. 4

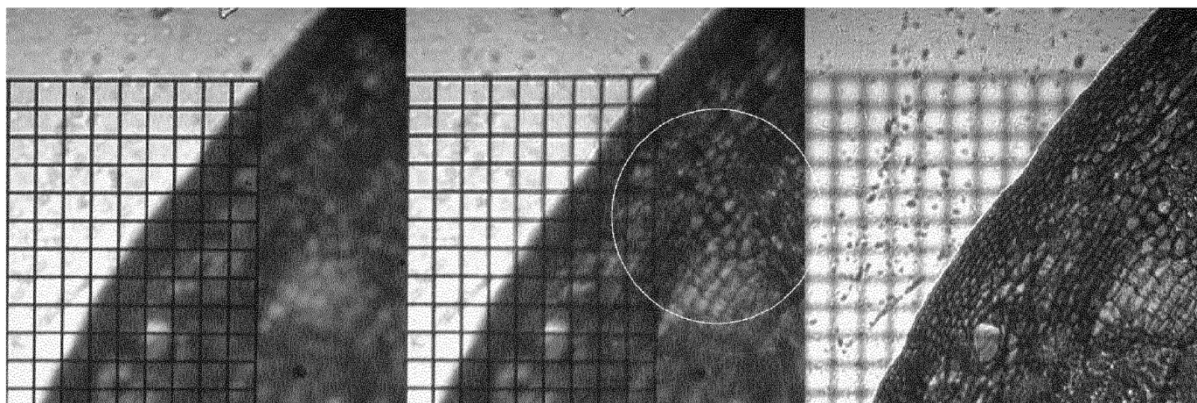


Fig. 7