

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **225580**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **398342**

(51) Int.Cl.  
**A61B 3/11 (2006.01)**  
**G02B 26/04 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **07.03.2012**

---

(54) **Sposób rejestracji i analizy obrazów dwóch obiektów, zwłaszcza oczu  
oraz urządzenie do rejestracji i analizy obrazów dwóch obiektów, zwłaszcza oczu**

---

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**30.07.2012 BUP 16/12**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**28.04.2017 WUP 04/17**

(73) Uprawniony z patentu:  
**POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:  
**WIOLETTA NOWAK, Wrocław, PL**  
**ANDRZEJ HACHOŁ, Wrocław, PL**  
**TOMASZ MRÓZ, Skórzewo, PL**

(74) Pełnomocnik:  
**rzecz. pat. Regina Kozłowska**

---

**PL 225580 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób rejestracji i analizy obrazów dwóch obiektów oraz urządzenie do rejestracji i analizy obrazów dwóch obiektów, zwłaszcza oczu przeznaczony w szczególności do pomiaru geometrii wybranych struktur przedniego odcinka gałki ocznej np. rozmiaru źrenicy, równocześnie dla oka lewego i oka prawego.

Sposób i urządzenie do pomiaru ruchów oka znane są z polskiego opisu patentowego nr PL 149809. Sposób polega na tym, że co najmniej dwoma wiązkami promieni ze źródeł promieniowania ustawionych każde w parze z fotodetekтором, odpowiednio po jednej stronie co najmniej jednej płaszczyzny symetrii przechodzącej przez ustawione w pozycji neutralnej oko, przy czym ogranicza się pole widzenia oka dla uzyskania samoistnego ustawienia się oka w zakresie pomiarowym przetworników, a wiązkę promieni odbitą od oka odbiera się poprzez fotodetektory i za pomocą układu elektronicznego koryguje się natężenie źródeł promieniowania doprowadzając nieustannie do prawie równego oświetlenia fotodetektorów, a następnie wyznacza się różnice natężenia emitowanego promieniowania pomiędzy dwoma źródłami promieniowania umieszczonymi po dwóch stronach tej samej płaszczyzny symetrii, stanowiące zgrubną miarę odbicia promieniowania od oka, a tym samym zgrubną miarę chwilowego położenia oka oraz dokonuje się dokładnego pomiaru wyjściowego sygnału fotodetektorów i w oparciu o te dwie wartości rekonstruuje się pozycję oka. Urządzenie zawiera źródła promieniowania i fotodetektory rozmieszczone parami tak, że jedna para znajduje się po każdej stronie co najmniej jednej płaszczyzny symetrii przechodzącej przez ustawione w pozycji neutralnej oko, przy czym każda para umieszczona jest na wewnętrznej, to jest zwróconej do oka, stronie przesłony z otworem, na jego obrzeżu, przy czym rozmiary otworu odpowiadają przyjętemu zakresowi pomiaru, a kształt uzależniony jest od położenia osi czułości urządzenia, natomiast odległość ustawienia przesłony od oka jest taka, że w powiązaniu z kształtem otworu i jego rozmiarami umożliwi patrzenie o wymaganym kącie przestrzennym, przy czym wokół przesłony i oka usytuowany jest ekran połączony z przesłoną i przylegający do oczodołu, a ponadto fotodetektory połączone są ze źródłami promieniowania za pośrednictwem układu elektronicznego korygującego promieniowanie źródeł doprowadzający nieustannie natężenie promieniowanie odbierane przez każdy fotodetektor do prawie równych wartości. Układ elektroniczny składa się ze wzmacniacza sterowanego wyjściowym sygnałem nie zrównoważenia fotodetektorów, którego wyjście połączone jest za pośrednictwem przetwornika analogowo-cyfrowego z centralną jednostką sterującą połączoną z pamięcią stałą ROM oraz z pamięcią o dostępie swobodnym RAM i połączoną za pośrednictwem przetwornika cyfrowo-analogowego oraz przerzutnikowego układu błyskowego z różnicowym układem sterującym źródłami promieniowania, przy czym praca centralnej jednostki sterującej jest synchronizowana ze zmianami napięcia sieci za pomocą układu synchronizacji z siecią.

Urządzenie do otrzymywania cyfrowych obrazów oka znane z polskiego opisu patentowego nr PL191717 od strony gałki ocznej ma kolejno układ optyczny w postaci soczewki, a dalej pierścień, na którego obwodzie znajdują się dyskretne źródła światła w postaci np. diod. Za tym pierścieniem znajduje się kamera cyfrowa, zawierająca przetwornik obrazu (skaner) połączony z komputerem. Dodatkowym elementem jest soczewka współpracująca z kamerą cyfrową. Przy badaniu oka włącza się diody, znajdujące się na pierścieniu w różny sposób, wszystkie jednocześnie, pojedynczo lub grupowo w celu oświetlania tkanek oka. Diody są źródłami światła optycznego, korzystnie podczerwonego.

Urządzenie do otrzymywania cyfrowego obrazu oka znane z opisu JPH1156782 wykorzystuje dwa źródła światła, które oświetlają jeden obiekt, w tym przypadku jedno oko i włączane są cyklicznie. Istotną cechą tego rozwiązania jest takie ustawienie geometrii elementów układu pomiarowego, że jeden z oświetlaczy znajduje się w osi optycznej przetwornika obrazu (kamery), a drugi poza osią optyczną przetwornika obrazu pod znanym kątem. Dzięki takiemu położeniu uzyskują z jednego źródła światła tzw. „bright eye” a z drugiego źródła światła tzw. „dark eye”, czyli rejestrują dwa obrazy tego samego obiektu. Uzyskaną w ten sposób sekwencję naprzemiennie rejestrowanych obrazów jednego oka, rejestruje przetwornik obrazu.

W urządzeniu do otrzymywania cyfrowego obrazu oka znanym z opisu JPH9276226 każde oko oświetlane jest niezależnymi źródłami światła, ale poszczególne obrazy rejestrowane są przez dwa oddzielne przetworniki obrazowe, rejestrując zmienność elementów na obrazie, przy czym źródła światła oświetlającego każde z oczu emitują wiązkę światła w sposób ciągły.

Układ sterowania natężeniem wiązki światła w urządzeniu do spektralnej tomografii optycznej, przeznaczony zwłaszcza do badania siatkówki oka znany jest z polskiego opisu patentowego

nr PL206508. Układ zestawiony jest ze źródła światła wyposażonego w diodę luminescencyjną i kolimator, wytwarzającego ciągłą wiązkę światła o wysokiej spójności przestrzennej i niskiej spójności czasowej, przerywacza wiązki w postaci wirującej tarczy ze szczelinami dla światła, synchronizatora, interferometru wyposażonego w dzielnik wiązki i zwierciadło odniesienia oraz skanera, wyposażonego dodatkowo w obiektyw i przesłonę, spektrografu z siatką dyfrakcyjną oraz kamery wyposażonej w matrycę detektorów. Przerywacz wiązki połączony jest z synchronizatorem, którego wyjście połączone jest z wejściem sterującym kamery oraz wejściem sterującym sterownika skanera.

Znane ze stosowania urządzenia do równoczesnego pomiaru dwóch obiektów, zwłaszcza lewego i prawego oka, wyposażone są w dwa rozdzielne przetworniki obrazowe, wyposażone w prostokątną matrycę wykonaną z szeregowo połączonych detektorów światła zestawionych w równoległych do siebie liniach. Przetwornik obrazowy podłączony jest poprzez układ mikroprocesorowy z układem rejestrującym. Przetwornik obrazowy wykrywa cały rzutowany obraz, po czym tak zebrane informacje w postaci sygnałów świetlnych przetwarza na sygnał elektryczny, a ten z kolei na sygnał cyfrowy. Sygnał cyfrowy przesyłany jest do komputera i zapisywany na dysku, po czym na podstawie analizy obrazu wyznacza się parametry opisujące geometrię wybranej struktury badanego obiektu, np. oka.

Istota sposobu, według wynalazku, polega na tym, że cyklicznie z dwóch niezależnych układów oświetlaczy lewego i prawego, kieruje się dwie wiązki promieniowania podczerwonego na dwa badane obiekty lewy i prawy, przy czym na przemian lewym układem oświetlacza rzutuje się wiązkę promieniowania podczerwonego na badany obiekt lewy po czym prawym układem oświetlacza rzutuje się wiązkę promieniowania podczerwonego na badany obiekt prawy. Następnie odbite od powierzchni badanych obiektów, lewego i prawego, wiązki promieniowania podczerwonego będące ich obrazami poprzez układ optyczny naprzemiennie rzutuje się na przetwornik obrazowy, w którym obrazy przetwarzają się na sygnały cyfrowe i rejestruje w układzie rejestracji. Rejestrowane kolejne obrazy o numerach parzystych są obrazami badanego obiektu lewego, a rejestrowane kolejne obrazy o numerach nieparzystych są obrazami badanego obiektu prawego. Rejestracja obrazów, jest zsynchronizowana układem synchronizacji z rzutowaniem wiązek promieniowania podczerwonego przez układy oświetlaczy, na badane obiekty, przy czym układem sterowania steruje się układem synchronizacji, rzutowaniem wiązek promieniowania podczerwonego przez układy oświetlaczy na badane obiekty oraz pracą przetwornika obrazowego.

Korzystnie, bada się reakcją badanych obiektów lewego i prawego, na wiązkę światła, w tym celu na dwa badane obiekty lewy i prawy kieruje się dwie rozdzielne wiązki światła z dwóch niezależnych układów stymulatorów chromatycznych lewego i prawego, przy czym start rzutowania wiązek światła z układów stymulatorów chromatycznych lewego i prawego, jest zsynchronizowany z rzutowaniem wiązek promieniowania podczerwonego z układów oświetlaczy lewego i prawego.

Korzystnym jest, gdy rzutowane wiązki promieniowania podczerwonego polaryzuje się tak, że promieniowanie podczerwone rzutowane na obiekt lewy jest spolaryzowane pionowo, a promieniowanie podczerwone rzutowane na obiekt prawy jest spolaryzowane poziomo.

Istota urządzenia, według wynalazku, polega na tym, że do układu zasilania podłączone są układ synchronizacji i układ sterowania, z którymi połączone są jednocześnie dwa niezależne układy oświetlaczy lewy i prawy, przetwornik obrazowy i układ rejestracji, przy czym układy oświetlaczy lewy i prawy skierowane są na dwa badane obiekty lewy i prawy, natomiast pomiędzy dwoma badanymi obiektami lewym i prawym i przetwornikiem obrazowym umieszczony jest układ optyczny.

Korzystnie, do układu synchronizacji i układu sterowania podłączone są jednocześnie dwa układy stymulatorów chromatycznych lewy i prawy.

Korzystnie, każdy układ oświetlaczy jest wyposażony w źródło promieniowania podczerwonego, za którym umieszczony jest polaryzator.

Korzystnie, każdy układ stymulatora chromatycznego wyposażony jest w źródło światła chromatycznego za którym umieszczona jest soczewka.

Układ optyczny korzystnie, ma na wejściu wiązki promieniowania podczerwonego dwa zwierciadła dichroiczne lewe i prawe, a na wyjściu soczewkę, przy czym pomiędzy lewym zwierciadłem dichroicznym i soczewką umieszczone jest zwierciadło półprzepuszczalne, natomiast pomiędzy prawym, zwierciadłem dichroicznym i soczewką umieszczone są zwierciadło i zwierciadło półprzepuszczalne.

Sposób, według wynalazku, daje możliwość naprzemiennej i cyklicznej rejestracji obrazu dwóch obiektów, których obraz może być identyfikowany zarówno w świetle widzialnym, jak i w promieniowaniu podczerwonym. Promieniowanie podczerwone jest szczególnie przydatne przy identyfikacji obrazu

oka, ponieważ nie wpływa na zmianę parametrów badanych struktur przedniego odcinka gałki ocznej, w szczególności źrenicy. Zaletą urządzenia jest zastosowanie zsynchronizowanego ze sobą oświetlenia i odczytu danych z jednego przetwornika obrazowego, a zatem przetwarzanie obrazów obu obiektów jednym przetwornikiem obrazowym, czyli o takich samych parametrach technicznych, dzięki czemu znacznie zwiększa się dokładność prowadzonych pomiarów.

Przedmiot wynalazku jest objaśniony w przykładach realizacji uwidoczniony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia urządzenie do rejestracji i analizy obrazów dwóch obiektów, fig. 2 – układ optyczny urządzenia usytuowany przed przetwornikiem obrazowym w ujęciu schematycznym, fig. 3 – urządzenie do rejestracji i analizy obrazów oczu wyposażone w urządzenie do wyznaczenia współrzędnych punktów źrenicy oka, a fig. 4 – urządzenie do rejestracji i analizy obrazów dwóch obiektów wyposażone w dwa źródła światła chromatycznego.

#### Przykład 1

Sposób rejestracji i analizy obrazów dwóch obiektów, zwłaszcza oczu, polega na tym, że cyklicznie z dwóch niezależnych układów oświetlaczy, lewego  $UI_L$  i prawego  $UI_P$ , kieruje się dwie wiązki promieniowania podczerwonego na dwa badane obiekty lewy  $OL$  i prawy  $OP$ , przy czym na przemian lewym układem oświetlacza  $UI_L$  rzutuje się wiązkę promieniowania podczerwonego na badany obiekt lewy  $OL$ , po czym prawym układem oświetlacza  $UI_P$  rzutuje się wiązkę promieniowania podczerwonego na badany obiekt prawy  $OP$ . Odbite od powierzchni badanych obiektów, lewego  $OL$  i prawego  $OP$ , wiązki promieniowania podczerwonego będące ich obrazami, poprzez układ optyczny  $UO$  naprzemiennie rzutuje się na przetwornik obrazowy  $PO$ , w którym obrazy przetwarzają się na sygnały cyfrowe i rejestruje w układzie rejestracji  $UR$ . Rejestrowane kolejne obrazy o numerach parzystych są obrazami badanego obiektu lewego  $OL$ , a rejestrowane kolejne obrazy o numerach nieparzystych są obrazami badanego obiektu prawego  $OP$ . Rejestracja obrazów, jest zsynchronizowana układem synchronizacji  $UY$  z rzutowaniem wiązek promieniowania podczerwonego przez układy oświetlaczy lewego  $UI_L$  i prawego  $UI_P$ , na badane obiekty lewy  $OL$  i prawy  $OP$ , przy czym układem sterowania  $UT$  steruje się układem synchronizacji  $UY$ , rzutowaniem wiązek promieniowania podczerwonego przez układy oświetlaczy  $UI_L$ ,  $UI_P$  na badane obiekty  $OL$ ,  $OP$  oraz pracą przetwornika obrazowego  $PO$ .

#### Przykład 2

Sposób rejestracji i analizy obrazów dwóch obiektów, zwłaszcza oczu, przebiega jak w przykładzie pierwszym z tą różnicą, że bada się też reakcję badanych obiektów lewego  $OL$  i prawego  $OP$  na wiązkę światła, w tym celu na dwa badane obiekty lewy  $OL$  i prawy  $OP$  kieruje się dwie rozdzielne wiązki światła z dwóch niezależnych układów stymulatorów chromatycznych lewego  $US_L$  i prawego  $US_P$ , przy czym start rzutowania wiązek światła z układów stymulatorów chromatycznych lewego  $US_L$  i prawego  $US_P$ , jest zsynchronizowany z rzutowaniem wiązek promieniowania podczerwonego z układów oświetlaczy lewego  $UI_L$  i prawego  $UI_P$ . Ponadto rzutowane obie wiązki promieniowania podczerwonego polaryzuje się.

#### Przykład 3

Urządzenie do rejestracji i analizy obrazów dwóch obiektów, zwłaszcza oczu, ma do układu zasilania  $UZ$  podłączone układ synchronizacji  $UY$  i układ sterowania  $UT$ , z którymi połączone są jednocześnie dwa niezależne układy oświetlaczy lewy  $UI_L$  i prawy  $UI_P$ , przetwornik obrazowy  $PO$  i układ rejestracji  $UR$ , przy czym układy oświetlaczy lewy  $UI_L$  i prawy  $UI_P$  skierowane są na dwa badane obiekty lewy  $OL$  i prawy  $OP$ , natomiast pomiędzy dwoma badanymi obiektami lewym  $OL$  i prawym  $OP$  i przetwornikiem obrazowym  $PO$  umieszczony jest układ optyczny  $UO$ . Każdy układ oświetlaczy  $UI_L$ ,  $UI_P$  jest wyposażony w źródło promieniowania podczerwonego  $IR_L$ ,  $IR_P$ , za którym umieszczony jest polaryzator  $P_L$ ,  $P_P$ . Układ optyczny  $UO$  ma na wejściu wiązki promieniowania podczerwonego dwa zwierciadła dichroiczne lewe  $HM_L$  i prawy  $HM_P$ , a na wyjściu soczewkę  $S$ , przy czym pomiędzy lewym zwierciadłem dichroicznym  $HM_L$  i soczewką  $S$  umieszczone jest zwierciadło półprzepuszczalne  $X$ , natomiast pomiędzy prawym zwierciadłem dichroicznym  $HM_P$  i soczewką  $S$  umieszczone są zwierciadło  $M$  i zwierciadło półprzepuszczalne  $X$ . Źródła promieniowania podczerwonego  $IR_L$ ,  $IR_P$ , oraz polaryzatory  $P_L$ ,  $P_P$  ustawione są względem badanych obiektów  $OL$ ,  $OP$ , pod kątem  $45^\circ$ .

Badane obiekty lewy  $OL$  i prawy  $OP$  w postaci pary oczu, oświetlane są naprzemiennie, z tą samą częstotliwością spolaryzowanym promieniowaniem podczerwonym, przy czym na obiekt lewy  $OL$  rzutowane jest promieniowanie podczerwone spolaryzowane pionowo, a na obiekt prawy rzutowane jest promieniowanie podczerwone spolaryzowane poziomo. Promieniowanie podczerwone odbite od badanych obiektów  $OL$ ,  $OP$  przechodzi przez układ optyczny  $UO$  i jest rzutowane na pojedynczy przetwornik obrazowy  $PO$ . Sygnał z przetwornika obrazowego przesyłany jest do układu rejestracji

UR, gdzie poddawany jest dalszej obróbce, w wyniku której wyznacza się powierzchnie źrenic oka lewego i oka prawego dla badanego odruchu źrenicy na światło.

#### Przykład 4

Urządzenie do rejestracji i analizy dwóch obiektów, zwłaszcza oczu, wykonane jak w przykładzie trzecim z tą różnicą, że do układu synchronizacji UY i układu sterowania UT podłączone są jednocześnie dwa układy stymulatorów chromatycznych lewy  $US_L$  i prawy  $US_P$ , przy czym każdy układ stymulatora chromatycznego  $US_L$ ,  $US_P$  wyposażony jest w źródło światła chromatycznego  $RB_L$ ,  $RB_P$  za każdym umieszczona jest soczewka  $S_L$ ,  $S_P$ . Układy stymulatorów chromatycznych  $US_L$ ,  $US_P$ , wykorzystuje się do wywołania odruchu na światło obu źrenic, będących badanymi obiektami OL, OP.

#### Wykaz oznaczeń na rysunku:

$IR_L$	– lewe źródło promieniowania podczerwonego,
$IR_P$	– prawe źródło promieniowania podczerwonego,
$HM_L$	– lewe zwierciadło dichroiczne,
$HM_P$	– prawe zwierciadło dichroiczne,
M	– zwierciadło,
OL	– lewy obiekt badany,
OP	– prawy obiekt badany,
$P_L$	– lewy polaryzator,
$P_P$	– prawy polaryzator,
PO	– przetwornik obrazowy,
$RB_L$	– lewe źródło światła chromatycznego,
$RB_P$	– prawe źródło światła chromatycznego,
S	– soczewka,
$S_L$	– lewa soczewka,
$S_P$	– prawa soczewka,
$UI_L$	– lewy układ oświetlacza,
$UI_P$	– prawy układ oświetlacza,
UO	– układ optyczny,
UR	– układ rejestracji,
$US_L$	– lewy układ stymulatora chromatycznego,
$US_P$	– prawy układ stymulatora chromatycznego,
UY	– układ synchronizacji,
UT	– układ sterowania,
UZ	– układ zasilania,
X	– zwierciadło półprzepuszczalne.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób rejestracji i analizy dwóch obiektów, zwłaszcza oczu, **znamienny tym**, że cyklicznie z dwóch niezależnych układów oświetlaczy, lewego ( $UI_L$ ) i prawego ( $UI_P$ ), kieruje się dwie wiązki promieniowania podczerwonego na dwa badane obiekty lewy (OL) i prawy (OP), przy czym na przemian lewym układem oświetlacza ( $UI_L$ ) rzutuje się wiązkę promieniowania podczerwonego na badany obiekt lewy (OL) po czym prawym układem oświetlacza ( $UI_P$ ) rzutuje się wiązkę promieniowania podczerwonego na badany obiekt prawy (OP), następnie odbite od powierzchni badanych obiektów, lewego (OL) i prawego (OP), wiązki promieniowania podczerwonego będące ich obrazami poprzez układ optyczny (UO) naprzemiennie rzutuje się na przetwornik obrazowy (PO), w którym obrazy przetwarzają się na sygnały cyfrowe i rejestruje w układzie rejestracji (UR), przy czym rejestrowane kolejno obrazy o numerach parzystych są obrazami badanego obiektu lewego (OL), a rejestrowane kolejne obrazy o numerach nieparzystych są obrazami badanego obiektu prawego (OP), ponadto rejestracja obrazów, jest zsynchronizowana układem synchronizacji (UY) z rzutowaniem wiązek promieniowania podczerwonego przez układy oświetlaczy ( $UI_L$ ,  $UI_P$ ), na badane obiekty (OL, OP), przy czym układem sterowania (UT) steruje się układem synchronizacji (UY), rzutowaniem wiązek promieniowania podczerwonego przez układy oświetlaczy ( $UI_L$ ,  $UI_P$ ) na badane obiekty (OL, OP) oraz pracą przetwornika obrazowego (PO).

2. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że bada się reakcję badanych obiektów lewego (OL) i prawego (OP) na wiązkę światła, w tym celu na dwa badane obiekty lewy (OL) i prawy (OP) kieruje się dwie rozdzielne wiązki światła z dwóch niezależnych układów stymulatorów chromatycznych lewego ( $US_L$ ) i prawego ( $US_P$ ), przy czym start rzutowania wiązek światła z układów stymulatorów chromatycznych lewego ( $US_L$ ) i prawego ( $US_P$ ), jest zsynchronizowany z rzutowaniem wiązek promieniowania podczerwonego z układów oświetlaczy lewego ( $UL_L$ ) i prawego ( $UL_P$ ).

3. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że rzutowane wiązki promieniowania podczerwonego polaryzuje się tak, że promieniowanie podczerwone rzutowane na obiekt lewy (OL) jest spolaryzowane pionowo, a promieniowanie podczerwone rzutowane na obiekt prawy (OP) jest spolaryzowane poziomo.

4. Urządzenie do rejestracji i analizy obrazów dwóch obiektów, zwłaszcza oczu, **znamiennie tym**, że do układu zasilania (UZ) podłączone są układ synchronizacji (UY) i układ sterowania (UT), z którymi połączone są jednocześnie dwa niezależne układy oświetlaczy lewy ( $UL_L$ ) i prawy ( $UL_P$ ), przetwornik obrazowy (PO) i układ rejestracji (UR), przy czym układy oświetlaczy lewy ( $UL_L$ ) i prawy ( $UL_P$ ) skierowane są na dwa obiekty lewy (OL) i prawy (OP), natomiast pomiędzy dwoma badanymi obiektami lewym (OL) i prawym (OP) i przetwornikiem obrazowym (PO) umieszczony jest układ optyczny (UO).

5. Urządzenie według zastrz. 4, **znamiennie tym**, że do układu synchronizacji (UY) i układu sterowania (UT) podłączone są jednocześnie dwa układy stymulatorów chromatycznych lewy ( $US_L$ ) i prawy ( $US_P$ ).

6. Urządzenie, według zastrz. 4, **znamiennie tym**, że każdy układ oświetlaczy ( $UL_L$ ,  $UL_P$ ) jest wyposażony w źródło promieniowania podczerwonego ( $IR_L$ ,  $IR_P$ ), za każdym umieszczony jest polaryzator ( $P_L$ ,  $P_P$ ).

7. Urządzenie, według zastrz. 5, **znamiennie tym**, że każdy układ stymulatora chromatycznego ( $US_L$ ,  $US_P$ ) wyposażony jest w źródło światła chromatycznego ( $RB_L$ ,  $RB_P$ ), za którym umieszczona jest soczewka ( $S_L$ ,  $S_P$ ).

8. Urządzenie, według zastrz. 4, **znamiennie tym**, że układ optyczny (UO) ma na wejściu wiązki promieniowania podczerwonego dwa zwierciadła dichroiczne lewe ( $HM_L$ ) i prawe ( $HM_P$ ), a na wyjściu soczewkę (S), przy czym pomiędzy lewym zwierciadłem dichroicznym ( $HM_L$ ) i soczewką (S) umieszczone jest zwierciadło półprzepuszczalne (X), natomiast pomiędzy prawym zwierciadłem dichroicznym ( $HM_P$ ) i soczewką (S) umieszczone jest zwierciadło (M) i zwierciadło półprzepuszczalne (X).

Rysunki

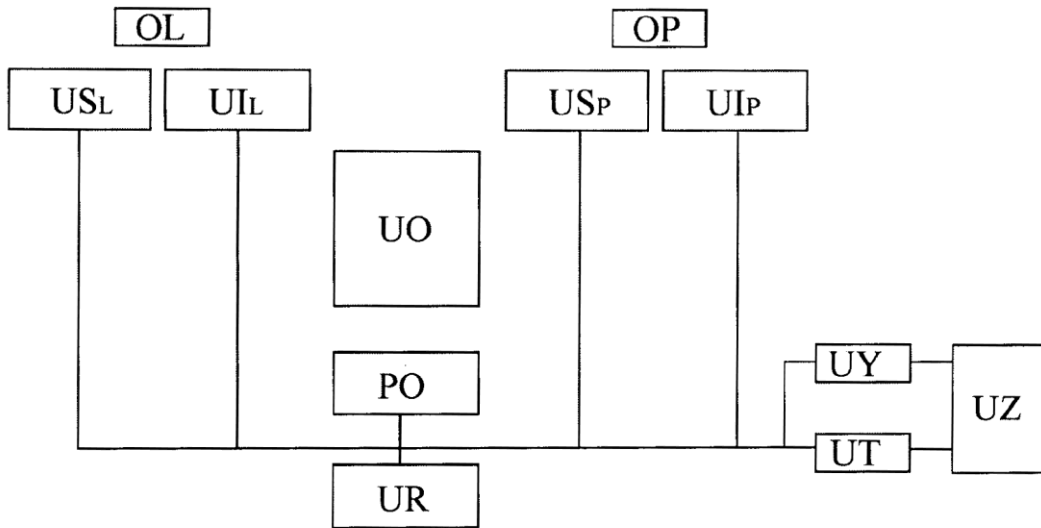


Fig. 1

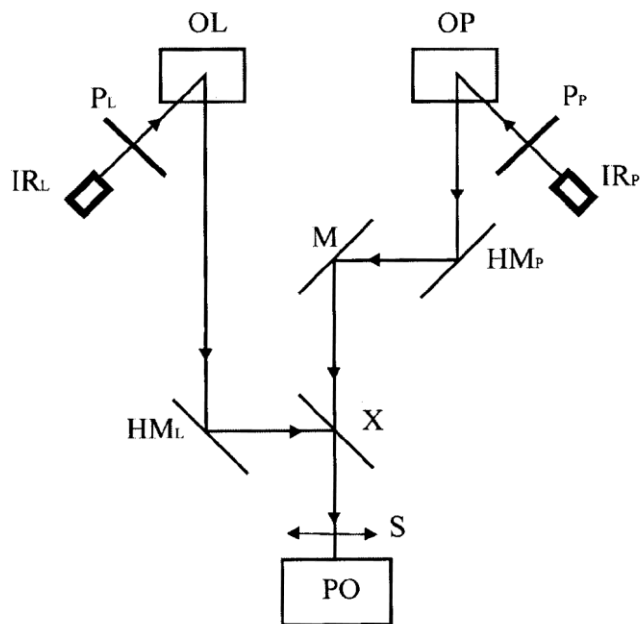


Fig. 2

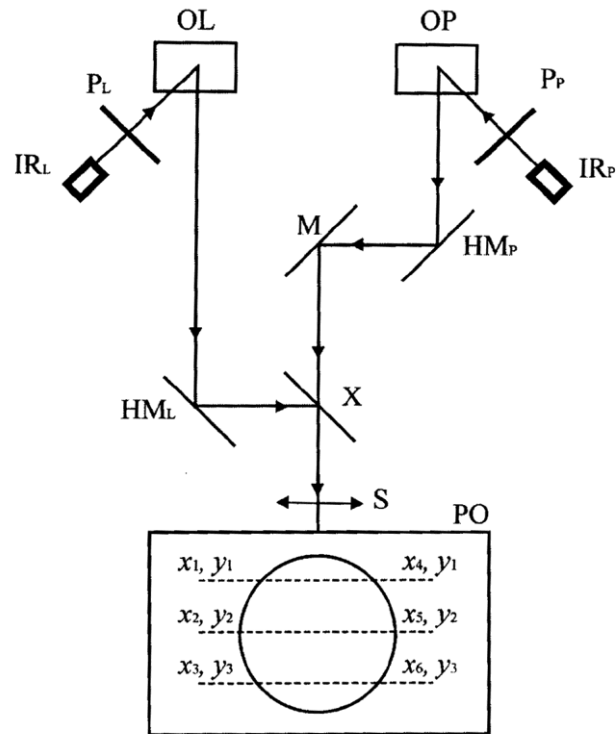


Fig. 3

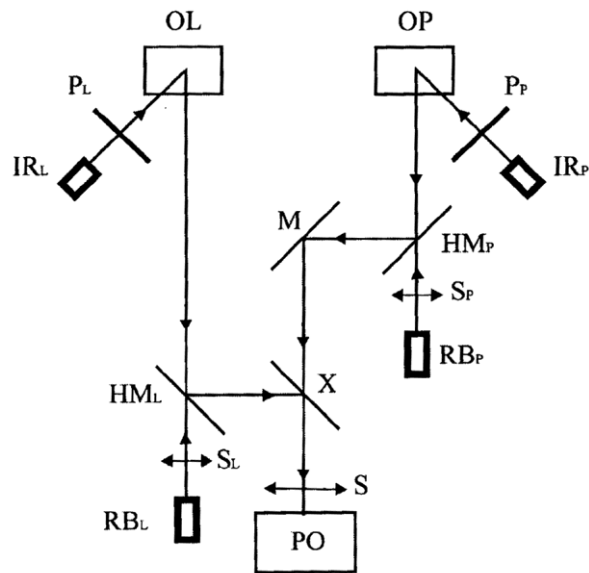


Fig. 4