RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **239204**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **430385**

(22) Data zgłoszenia: **27.06.2019**

(51) Int.Cl.
G01J 1/42 (2006.01)
H04N 13/332 (2018.01)

(54) **Urządzenie do pomiaru luminacji i natężenia oświetlenia oraz sposób pomiaru luminacji i natężenia oświetlenia**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
02.12.2019 BUP 25/19

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
15.11.2021 WUP 33/21

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA WARSZAWSKA, Warszawa, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
RAFAŁ LESZEK KRUPIŃSKI, Warszawa, PL
SEBASTIAN MARCIN SŁOMIŃSKI, Pruszków, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Małgorzata Trejgis

PL 239204 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do pomiaru luminancji i wyznaczania natężenia oświetlenia oraz sposób pomiaru luminancji, zwłaszcza do oceny zgodności oświetlenia z wymaganiami normatywnymi.

Znany i opisany przez Dariusza Czyżewskiego i Sławomira Zalewskiego w podręczniku pt. „Laboratorium fotometrii i kolorymetrii" Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2007 rozdz. 4.3 oraz 4.4 jest sposób pomiaru rozkładu luminancji i natężenia oświetlenia w oparciu o mierniki analogowe lub cyfrowe, gdzie wyniki pomiarów muszą być odczytywane indywidualnie dla konkretnych ustalonych wcześniej punktów pomiarowych oraz analizowane indywidualnie lub grupowo za pomocą tak zwanych izolinii. Wadą jest praco i czasochłonność wykonania pomiarów, trudności analityczne wynikające z aproksymacji wyników pomiędzy poszczególnymi punktami pomiarowymi oraz ograniczone możliwości odniesienia ich do wymagań normatywnych. Bezpośredni pomiar natężenia oświetlenia w punktach obiektu, które są trudno dostępne również nastręcza wielu problemów.

Z polskiego patentu nr PAT.210338 znany jest również układ i sposób pomiaru i analizy rozkładu luminancji oparty o cyfrowy pomiar matrycowym miernikiem luminancji. Pomiar dokonywany jest w wyniku analizy obrazu zarejestrowanego przez cyfrową matrycę miernika. Sposób polega na tym, że strumień świetlny, emitowany przez lub odbity od badanej powierzchni, rozdziela się na trzy wiązki o barwach podstawowych R-G-B, które przetwarzane są na sygnały cyfrowe, tworzące obraz trójbarwny. Sygnały te są przetwarzane na wartości mierzalne i wyrażane w postaci liczb, odpowiadających wartościom luminancji w poszczególnych punktach badanej powierzchni. Układ do realizacji sposobu składa się z cyfrowego aparatu fotograficznego z filtrem mozaikowym R-G-B oraz z komputera wraz z oprogramowaniem, przystosowanym do przetwarzania cyfrowych wartości obrazu trójbarwnego, w odpowiadające im wartości luminancji w danym punkcie badanej powierzchni. Strumień świetlny, emitowany przez lub odbity od badanej powierzchni, wchodzi na wejście cyfrowego aparatu fotograficznego gdzie po przekształceniu w sygnały cyfrowe kierowany jest do wejścia komputera, w którym wartości sygnałów cyfrowych są przetwarzane w wartości luminancji badanej powierzchni.

Metoda pomiaru jest szybka, natomiast dokonywany może być jedynie pomiar i analiza rozkładu luminancji, nie ma możliwości wykonania pomiaru natężenia oświetlenia. Wadą jest również możliwość wykonania pomiaru z jednego konkretnego punku i kierunku oraz ograniczenie obszaru pomiarowego do wartości pola widzenia, wynikającego z fizycznej wielkości matrycy oraz ogniskowej zastosowanego obiektywu. Na podstawie takiego pomiaru otrzymywany jest również jedynie dwuwymiarowy obraz rozkładu luminancji.

Celem wynalazku jest zapewnienie możliwości wygodnego i szybkiego pomiaru i analizy rozkładu luminancji i natężenia oświetlenia bez względu na rozmiar mierzonej przestrzeni oraz ułatwienie tworzenia trójwymiarowych rozkładów tych wielkości. Trójwymiarowe rozkłady luminancji i natężenia oświetlenia są bardzo dobrą i dokładną podstawą analizy oświetlenia dla całego wnętrza obiektu oraz obiektów zewnętrznych.

Urządzenie do pomiaru luminancji i natężenia oświetlenia wyposażone w matrycowy miernik luminancji na głowicy goniometrycznej połączone z jednostką rejestrująco-przetwarzającą do której jest ponadto dołączona kamera skanująca, zgodnie z wynalazkiem cechuje się tym, że jest wyposażone ponadto w okulary rzeczywistości rozszerzonej lub okulary rzeczywistości wirtualnej. Okulary te są przystosowane do wyświetlania obrazu i są połączone z jednostką rejestrująco-przetwarzającą. Dzięki temu na okularach można wyświetlać rozkład luminancji zmierzonej za pomocą miernika luminancji przetworzony i przesłany przez jednostkę rejestrująco-przetwarzającą oraz rozkład natężenia oświetlenia wyznaczony za pomocą jednostki rejestrująco-przetwarzającej na podstawie rozkładu luminancji oraz wyniku skanowania obiektu. Okulary są wyposażone w przynajmniej jedną mikrokamerę śledzenia gałek ocznych, co umożliwia określenie kierunku patrzenia użytkownika. Głowica goniometryczna oraz kamera skanująca są zintegrowane w jednym urządzeniu nasobnym i skierowane zasadniczo w tym samym kierunku, dzięki czemu można je skalibrować i nakładać na siebie wyniki pomiaru. Jednostka rejestrująco-przetwarzająca jest połączona z przynajmniej jedną mikrokamerą.

Korzystnie urządzenie zawiera dwie mikrokamery śledzenia gałek ocznych dla większej dokładności pomiaru nakierowania wzroku i niewrażliwości na przypadkowe zniekształcenia takie jak rozbłyski czy mrugnięcia.

Korzystnie urządzenie jest wyposażone w radiowy układ nawigacyjny połączony z jednostką rejestrujaco-przetwarzającą. Dzięki temu można automatycznie rejestrować położenie obserwatora i łatwiej z danych pomiarowych wyznaczyć przestrzenny rozkład luminancji i natężenia oświetlenia.

Korzystnie urządzenie jest wyposażone w magnetometr zintegrowany w urządzeniu nasobnym i połączony z jednostką rejestrująco-przetwarzającą co ułatwia zapisanie orientacji obserwatora i również przyczynia się do łatwości przetwarzania mierzonych rozkładów w rozkład przestrzenny.

Korzystnie urządzenie jest wyposażone w akcelerometr zintegrowany w urządzeniu nasobnym i połączony z jednostką rejestrująco-przetwarzającą. Takie rozwiązanie ułatwia nawigację i orientację zliczeniową.

Okulary korzystnie stanowią okulary rzeczywistości rozszerzonej zintegrowane w jednym urządzeniu nasobnym z głowicą goniometryczną oraz kamerą skanującą i skierowane zasadniczo w tym samym kierunku. Dzięki temu urządzenie można skalibrować i na okularach wyświetlać obraz nałożony na widok rzeczywisty obserwowany przez obserwatora przez ich szkła. Takie rozwiązanie działa szybciej i ułatwia orientację użytkownika, który widzi przez okulary rzeczywisty obraz zorientowany względem własnej percepcji zmysłowej.

Alternatywnie okulary stanowią okulary rzeczywistości wirtualnej przystosowane do wyświetlania dostarczanego z jednostki rejestrująco-przetwarzającej połączenia obrazu rejestrowanego za pomocą kamery skanującej i rozkładu luminancji z matrycowego miernika luminancji dostarczanego z jednostki rejestrująco-przetwarzającej. Takie rozwiązanie jest mniej wygodne w użytkowaniu – wyświetlany obraz może nie być idealnie zorientowany względem percepcji zmysłowej użytkownika wrażeń słuchowych, błędnika etc. Implementacja jest jednak prostsza z uwagi na fakt, że trzeba dokładnie wyrównać i skalibrować dwa urządzenia – miernik luminancji i kamerę skanującą – a nie trzy.

Sposób pomiaru luminancji za pomocą matrycowego miernika luminancji na głowicy goniometrycznej zgodnie z wynalazkiem cechuje się tym, że stosuje się w nim urządzenie według wynalazku, które kieruje się na badany obiekt i wykonuje się za pomocą matrycowego miernika luminancji pierwszy pomiar wielopunktowych wartości luminancji ustawiając ten miernik w pierwszym położeniu oraz skanowanie za pomocą kamery zapisując położenie i ukierunkowanie urządzenia.

Korzystnie pomiar wyzwala się na podstawie analizy obrazu z przynajmniej jednej mikrokamery śledzenia gałek ocznych.

Korzystnie punktowe wartości luminancji przetwarza się na punktowe wartości natężenia oświetlenia za pomocą jednostki rejestrująco-przetwarzającej, przy uwzględnieniu skanu obiektu uzyskanego za pomocą kamery skanującej.

Korzystnie na podstawie skanu obiektu, rozkładu punktowych wartości luminancji i rozkładu punktowych wartości luminancji wyznacza się przestrzenny rozkład luminancji i przestrzenny rozkład natężenia oświetlania, które następnie przy wykorzystaniu położenia i orientacji przekształca się na rozkłady dwumiarowe w płaszczyźnie obserwacji luminancji i natężenia oświetlenia, które przekształca się na dwuwymiarowe rozkłady barwne i zapisuje w pamięci jednostki rejestrująco-przetwarzającej, a następnie wybrane rozkłady barwne przesyła się do okularów.

Przedmiot wynalazku został ukazany w przykładach wykonania na rysunku, na którym

Fig. 1 przedstawia schemat blokowy urządzenia według wynalazku w przykładzie wykonania, natomiast

Fig. 2 obieg sygnałów w urządzeniu według wynalazku oraz

Fig. 3 ilustruje przetwarzanie sygnałów w jednostce rejestrująco-przetwarzającej.

Urządzenie do pomiaru i analizy rozkładu luminancji i natężenia oświetlenia w przykładzie wykonania wynalazku ukazanym na Fig. 1 zawiera jednostkę rejestrująco przetwarzającą JRP z oprogramowaniem przystosowanym do przetwarzania danych pomiarowych rozkładu luminancji na składowe barwy oraz przeliczenia wartości luminacji, mierzonej przez matrycowy miernik luminancji MML na natężenie oświetlenia. Jednostka rejestrująco-przetwarzająca JRP jest połączona z okularami rzeczywistości rozszerzonej ORR wyświetlającymi obraz rozkładu luminancji lub natężenia oświetlenia na widzianym przez nie badanym obiekcie. Okulary połączone są z umieszczonym na głowicy goniometrycznej GG matrycowym miernikiem luminancji MML, kamerą skanującą obiekt KA oraz mikrokamerami śledzącymi ruchy gałek ocznych MKL i MKR odpowiednio dla lewego i prawego oka obserwatora. Wyjścia matrycowego miernika luminancji MML, kamery skanującej KA oraz mikrokamer MKL i MKR połączone są z jednostką rejestrująco-przetwarzającą JRP.

Elementy urządzenia według przykładu wykonania wynalazku są umieszczone w jednym urządzeniu nasobnym – kasku. Dzięki temu matrycowy miernik luminancji MML na głowicy goniometrycznej

GG, kamera skanująca KA oraz okulary rzeczywistości rozszerzonej są połączone sztywnym połączeniem mechanicznym a wzajemna orientacja kierunków obserwacji jest zachowana niezależnie od położenia urządzenia. Kierunki te w urządzeniu według wynalazku są skalibrowane tak, że są zasadniczo równoległe.

Dzięki temu urządzenie można kierować na rzeczywisty obiekt RO a położenie i ukierunkowanie obserwatora OXYZR w stosunku do niego poddawać analizie na podstawie danych obrazowych i telemetrycznych. Dane telemetryczne w najprostszym wypadku są ręcznie wprowadzane do jednostki rejestrująco-przetwarzającej przez operatora. Alternatywnie urządzenie może być wyposażone w radiowy układ nawigacyjny taki jak GPS oraz układ ustalania orientacji taki jak kompas/magnetometr lub żyroskop i/lub akcelerometr umożliwiający nawigację zaliczeniową.

Alternatywnie urządzenie według wynalazku można zintegrować w obudowie przystosowanej do noszenia na piersi. Urządzenie można również podzielić na kilka obudów. Kluczowe jest zapewnienie sztywnego połączenia pomiędzy kamerą skanującą KA, miernikiem luminancji MML na głowicy goniometrycznej GG, oraz okularami rzeczywistości rozszerzonej.

Zadaniem okularów rzeczywistości rozszerzonej ORR jest wyświetlenie w ich wyświetlaczu rozkładu luminancji w określonej skali barwnej w sposób powierzchniowy lub punktowy – numeryczny.

Zadaniem kamery KA jest wykonanie modelu wirtualnego obiektu WO poprzez geometryczne, przestrzenne skanowanie badanego obiektu BO na zasadzie opisanej przez Xuehan Xiong, Antonio Adan, Burcu Akinci, Daniel Huber, w artykule Automatic creation of semantically rich 3D building models from laser scanner data w czasopiśmie Automation in Construction 31 (2013) 325–337. Znawca bez trudu będzie w stanie wskazać alternatywne rozwiązania konstrukcji i działania kamer do skanowania przestrzennego obiektów.

Zadaniem mikrokamer MKL i MKR jest stałe śledzenie ruchu gałek ocznych obserwatora oraz umożliwienie określenia kierunku wzroku za pomocą jednostki przetwarzającej. W przykładzie wykonania wynalazku zastosowano sposób kalibracji układu i odczytywania kierunku wzroku ujawniony w europejskim zgłoszeniu patentowym EP2979156A1. Znawca byłby w stanie zaproponować rutynowo liczne alternatywy przykładowo rozwiązania ujawnione w patentach amerykańskich nr US5345281, czy US7391887. Do ustalenia kierunku patrzenia wystarczy obserwacja jednego oka ale lepszą dokładność i niezawodność uzyskuje się stosując dwie kamery.

Zadaniem głowicy goniometrycznej GG jest stabilizacja oraz określenie kierunku wykonywania pomiaru tak aby był on zgodny z kierunkiem obserwacji. Powoduje to rejestrację luminancji odpowiadającej rzeczywistej luminancji charakterystycznej dla kierunku obserwacji.

Zadaniem matrycowego miernika luminancji MML jest ciągły pomiar luminancji na badanym obiekcie BO.

Zadaniem jednostki rejestrująco-przetwarzającej JRP jest rejestracja i przetwarzanie danych pomiarowych z kamery skanującej KA oraz miernika luminancji MML wraz z orientacją przestrzenną OXYZR. Za pomocą jednostki rejestrująco-przetwarzającej JRP cyfrowy sygnał z matrycy miernika luminancji MML przetwarza się w punktowe wartości luminancyjne L1n oraz natężenia oświetlenia E1n. Wartości te nakłada się na wirtualny obiekt WO uzyskany w wyniku skanowania kamerą KA, stworzenie trójwymiarowego rozkładu luminancji L3D oraz natężenia oświetlenia E3D, przetworzenie tych rozkładów na ich dwuwymiarowe odpowiedniki L2D i E2D widziane z dowolnego kierunku obserwacji OXYZR, który odpowiada położeniu i ukierunkowaniu obserwatora OXYZR w stosunku do badanego obiektu BO. Jednostka rejestrująco-przetwarzająca służy ponadto do obliczenia składowych barwy dla rozkładów luminancji RGBL2D i natężenia oświetlenia RGBE2D, które wyświetlane są w okularach rzeczywistości rozszerzonej ORR.

Jako jednostkę rejestrująco-przetwarzającą JRP można zastosować komputer osobisty, komputer przenośny, mikrokomputer, lub urządzenie przenośne typu smartfon lub tablet.

Zgodnie ze sposobem według wynalazku, początkowo, za pomocą matrycowego miernika luminancji MML umieszczonego na głowicy goniometrycznej GG dokonuje się pomiaru luminancji na obiekcie RO z określonego kierunku. Dane luminancyjne z matrycy miernika w natywnej rozdzielczości zapisywane są w arkuszu odpowiadającym liczbie punktów pomiarowych, wynikającej z iloczynu liczby punktów przypadających na całą szerokość i wysokość matrycy. Równocześnie za pomocą kamery skanującej KA wykonywany jest trójwymiarowy skan geometrii badanego obiektu BO widzianego z tego samego kierunku. Na pojedyncze punkty skanu geometrycznego w postaci wirtualnego obiektu WO nanoszone są wartości luminancji w tych punktach L1n oraz obliczone za pomocą jednostki rejestrująco-

-przetwarzającej JRP punktowe wartości natężeń oświetlenia E1n. Mikrokamery MKL i MKR, odpowiednio dla lewego i prawego oka śledzą ruch gałek ocznych a jednostka rejestrująco-przetwarzająca JRP przeprowadza fuzję obrazu pokazując na wyświetlaczu okularów rzeczywistości rozszerzonej ORR rozkład luminancji L1n w postaci barwnej RGBL2D lub postaci barwnej RGBE2D poziomu natężenia oświetlenia E1n z zaznaczeniem wartości numerycznej w punkcie obserwacji – nakierowaniu wzroku odczytanemu za pomocą jednostki rejestrująco-przetwarzającej na podstawie obrazu z mikrokamer gałek ocznych MKR i MKL. Dzięki temu, że okulary rzeczywistości rozszerzonej ORR są połączone sztywno w jednym urządzeniu nasobnym z miernikiem luminancji i kamerą skanującą, po kalibracji wyświetlane wartości nakładają się na rzeczywisty obraz.

Zastosowanie mikrokamer gałek ocznych pozwala również uzyskać wygodny interfejs urządzenia umożliwiający pracę bez wykorzystania rąk. W niniejszym przykładzie, za pomocą mrugnięcia obiema gałkami o czasie min. 1 s następuje przełączenie na pomiar całkowitego rozkładu luminancji dla mierzonej przestrzeni. Pojedyncze min. 1 s mrugnięcie prawego oka przełącza na pomiar natężenia oświetlenia, natomiast lewego na pomiar luminancji. W okularach rzeczywistości rozszerzonej ORR wyświetla się wartość numeryczną mierzonej wielkości w sąsiedztwie punktu wyznaczonym jako przecięcie kierunku obserwacji z płaszczyzną obserwacji. Dzięki temu obserwator widzi nie tylko graficzną reprezentację rozkładu lecz łatwo i bez użycia rąk może wykonywać pomiary wymagane normami. Korzystnie wyświetlane wartości numeryczne podlegają zapisowi razem ze współrzędnymi punktu w modelu trójwymiarowym jeżeli w pomiarze wyznacza się również model.

Alternatywnie można zastosować na urządzeniu nasobnym przyciski wyzwalające pomiar lub czujnik drgań reagujący na stuknięcia. Analiza obrazu z mikrokamer gałek ocznych ma jednak tę przewagę, że nie wymaga użycia rąk a zastosowanie mikrokamer jest i tak potrzebne z uwagi na wskazanie kierunku pomiaru. W przeciwnym wypadku wartości luminancji i natężenia oświetlenia musiałyby być odzyskiwane w toku przetwarzania danych pomiarowych po pomiarze.

Jak to przedstawia fig. 2 oraz fig. 3 do jednostki rejestrująco-przetwarzającej JRP wczytywane są dane luminancyjne w postaci matrycy o natywnej wysokości i szerokości LWS miernika luminancji MML umieszczonego na głowicy goniometrycznej GG, które zawierają wartości luminancji pojedynczych pikseli matrycy L1n. Za pomocą jednostki rejestrująco-przetwarzającej JRP obliczany jest pełny trójwymiarowy rozkład luminancji L3D na wirtualnym obiekcie WO powstałym w wyniku skanowania kamerą KA uwzględniając położenie i ukierunkowanie całego układu OXYZR względem badanego obiektu BO. Analizowane jest również położenie i ukierunkowanie obserwatora OXYZR w stosunku do rzeczywistego obiektu RO. Mikrokamery MKL i MKR stale analizują położenie gałek ocznych obserwatora, a za pomocą jednostki rejestrująco-przetwarzającej JRP oblicza się wartości natężenia oświetlenia E1n. Informacja ta podawana jest na wyświetlaczu okularów rozszerzonej rzeczywistości ORR.

Obliczony trójwymiarowy rozkład luminancji L3D na wirtualnym obiekcie WO, przekształcany jest na dwuwymiarowy rozkład luminancji L2D dla punktu i kierunku obserwacji wirtualnego modelu WOXYZR, a następnie przekształcany na składowe barwy RGBL2D, które w dalszej kolejności wyświetlane są w okularach rzeczywistości rozszerzonej ORR.

Znając widmowe właściwości refleksyjno-transmisyjne materiałów z których obiekt jest wykonany na podstawie trójwymiarowego rozkładu luminancji L3D obliczany jest trójwymiarowy rozkład natężenia oświetlenia E3D, który przekształcany jest na dwuwymiarowy rozkład natężenia oświetlenia E2D na wirtualnym obiekcie WO dla punktu i kierunku obserwacji WOXYZR. Dwuwymiarowy rozkład natężenia oświetlenia E2D następnie przekształcany jest na składowe barwy RGBE2D, wyświetlane w okularach rzeczywistości rozszerzonej ORR.

Punkt i kierunek obserwacji WOXYZR wirtualnego obiektu WO odpowiada punktowi i kierunkowi obserwacji OXYZR badanego obiektu BO z zachowaniem skali.

Możliwa jest zmiana położenia i ukierunkowania układu względem obiektu OXYZR, z zachowaniem ciągłości wykonywanego pomiaru. Pełny przestrzenny rozkład luminancji L3D oraz natężenia oświetlenia E3D przedstawiany jest również na ekranie jednostki rejestrująco-przetwarzającej JRP o ile jest ona wyposażona w ekran. Jednostka rejestrująco-przetwarzająca może wówczas zapewniać możliwość dalszej analizy danych analizowany w sposób niezależny.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do pomiaru luminancji wyposażone w matrycowy miernik luminancji (MML) na głowicy goniometrycznej (GG) połączony z jednostką rejestrująco-przetwarzającą (JRP) do której jest ponadto dołączona kamera skanująca (KA), **znamienne tym**, że

   jest wyposażone ponadto w okulary wybrane z grupy obejmującej okulary rzeczywistości rozszerzonej (ORR) oraz okulary rzeczywistości wirtualnej,

   przystosowane do wyświetlania obrazu, połączone z jednostką rejestrująco-przetwarzającą (JRP) i wyposażone w przynajmniej jedną mikrokamerę (MKL, MKR) śledzenia gałek ocznych również połączoną z jednostką rejestrująco-przetwarzającą (JRP),

   przy czym głowica goniometryczna (GG) oraz kamera skanująca (KA) są zintegrowane w jednym urządzeniu nasobnym i skierowane zasadniczo w tym samym kierunku.
2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamienne tym**, że zawiera dwie mikrokamery (MKL, MKR) śledzenia gałek ocznych.
3. Urządzenie według dowolnego z zastrz. od 1 do 2, **znamienne tym**, że jest wyposażone w radiowy układ nawigacyjny połączony z jednostką rejestrująco-przetwarzającą (JRP).
4. Urządzenie według dowolnego z zastrz. od 1 do 3, **znamienne tym**, że jest wyposażone w magnetometr zintegrowany w urządzeniu nasobnym i połączony z jednostką rejestrująco-przetwarzającą (JRP).
5. Urządzenie według dowolnego z zastrz. od 1 do 4, **znamienne tym**, że jest wyposażone w akcelerometr zintegrowany w urządzeniu nasobnym i połączony z jednostką rejestrująco-przetwarzającą.
6. Urządzenie według dowolnego z zastrz. od 1 do 5, **znamienne tym**, że okulary stanowią okulary rzeczywistości rozszerzonej (ORR) zintegrowane w jednym urządzeniu nasobnym z głowicą goniometryczną (GG) oraz kamerą skanującą (KA) i skierowane zasadniczo w tym samym kierunku.
7. Sposób pomiaru luminancji za pomocą matrycowego miernika luminancji (MML) na głowicy goniometrycznej (GG), **znamienny tym**, że stosuje się w nim urządzenie jak określono w dowolnym z zastrz. od 1 do 6 i skręcając urządzenie nasobne na badany obiekt (BO) i wykonuje się za pomocą matrycowego miernika luminancji (MML) pierwszy pomiar wielopunktowych wartości luminancji (L1n) ustawiając ten miernik w pierwszym położeniu oraz skanowanie za pomocą kamery (KA) zapisując położenie i ukierunkowanie urządzenia (OXYZR).
8. Sposób pomiaru luminancji według zastrz. 7, **znamienny tym**, że pomiar wyzwala się na podstawie analizy obrazu z przynajmniej jednej mikrokamery (MKL, MKR) śledzenia gałek ocznych.
9. Sposób pomiaru luminancji według zastrz. 7 albo 8, **znamienny tym**, że wielopunktowe wartości luminancji (L1n) przetwarza się na wielopunktowe wartości natężenia oświetlenia (E1n) za pomocą jednostki rejestrująco-przetwarzającej (JRP), przy uwzględnieniu skanu (WO) obiektu uzyskanego za pomocą kamery skanującej (KA).
10. Sposób pomiaru luminancji według zastrz. 9, **znamienny tym**, że na podstawie skanu obiektu (WO), rozkładu punktowych wartości luminancji (L1n) i rozkładu punktowych wartości natężenia oświetlenia (E1n) wyznacza się przestrzenny rozkład luminancji (L3D) i przestrzenny rozkład natężenia oświetlania (E3D), które następnie przy wykorzystaniu położenia i orientacji (WOXYZR) przekształca się na rozkłady dwuwymiarowe w płaszczyźnie obserwacji luminancji (L2D) i natężenia oświetlenia (E2D), które przekształca się na dwuwymiarowe rozkłady barwne i zapisuje w pamięci jednostki rejestrująco-przetwarzającej (JRP), a następnie wybrane rozkłady barwne (RGBL2D, RGBE2D) przesyła się do okularów.

Rysunki

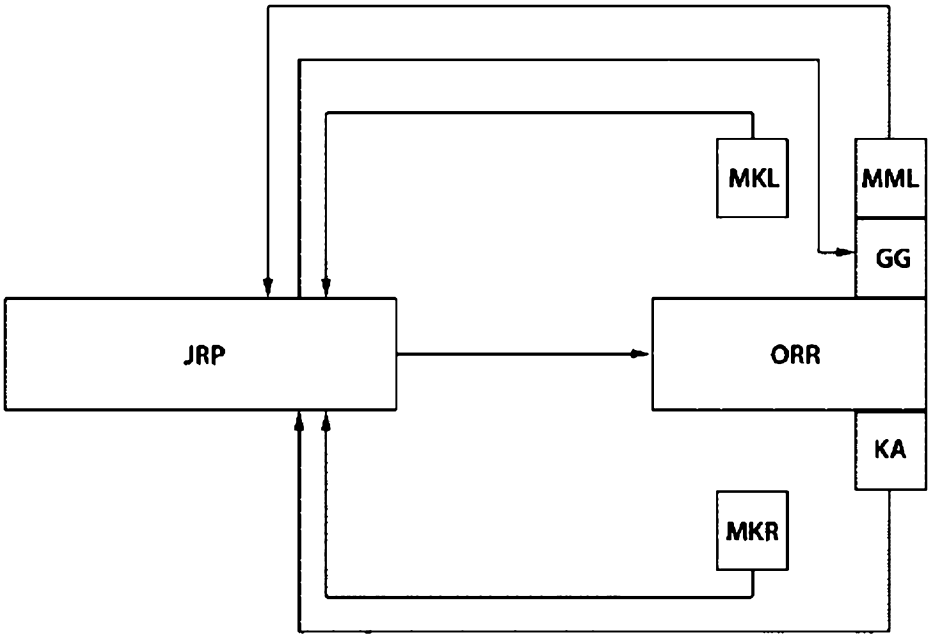

Fig. 1

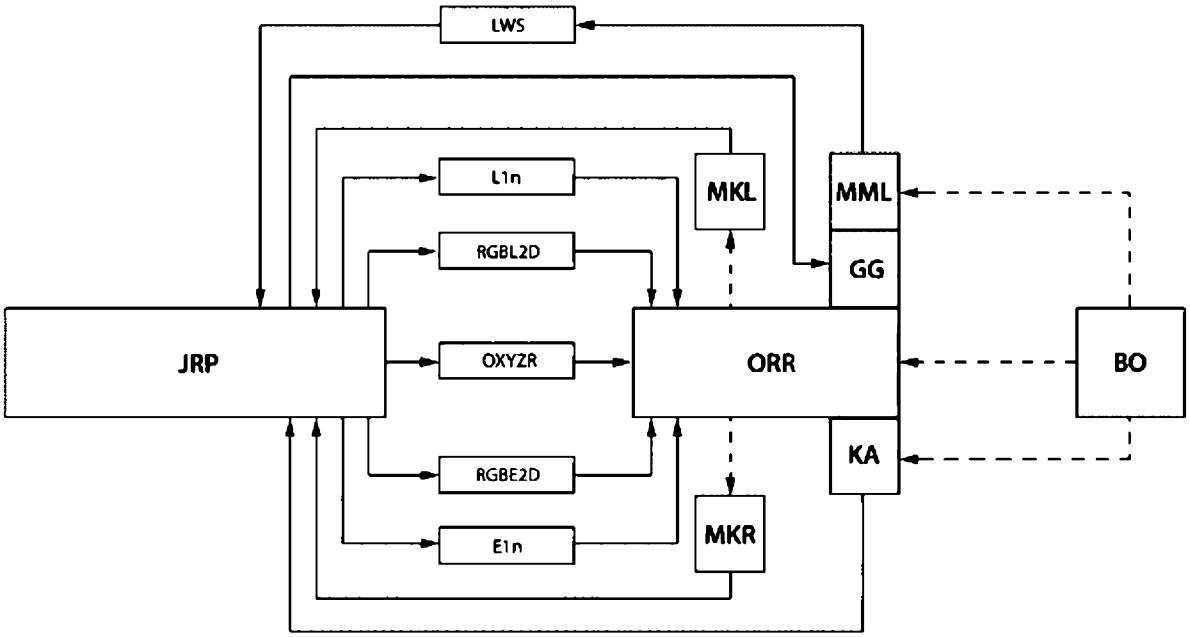

Fig. 2

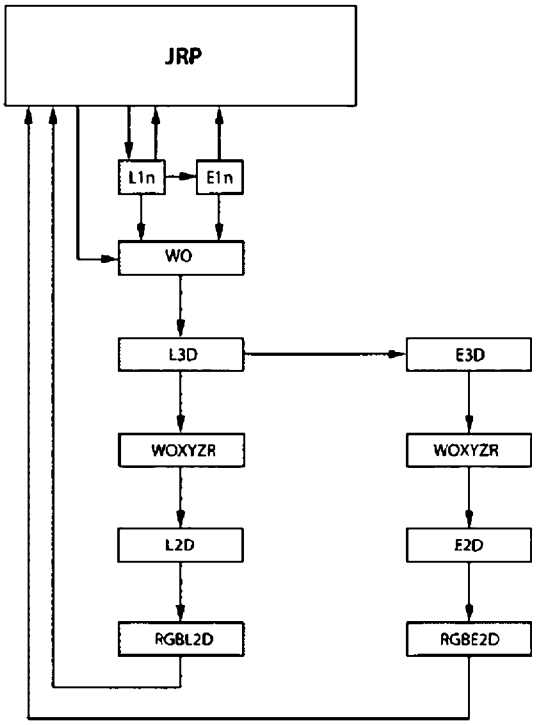

Fig. 3