

POLSKA  
RZECZPOSPOLITA  
LUDOWA



URZĄD  
PATENTOWY  
PRL

# OPIS PATENTOWY

# 65182

Patent dodatkowy  
do patentu \_\_\_\_\_

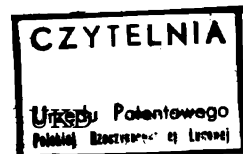
Kl. 42h,38

Zgłoszono: 01.VI.1968 (P 127 299)

Pierwszeństwo: \_\_\_\_\_

MKP G02b 15/14

Opublikowano: 15.XI.1972



Współtwórcy wynalazku: Jan Matysiak, Bolesław Kędzia

Właściciel patentu: Centralne Laboratorium Optyki, Warszawa (Polska)

## Fotoelektryczny sposób pomiaru wielkości ogniskowej układów optycznych, oraz urządzenie do stosowania tego sposobu

1

Przedmiotem wynalazku jest fotoelektryczny sposób pośredniego pomiaru wielkości ogniskowej układów optycznych, który wyklucza wpływ aberracji pozaosiowej na błąd pomiaru, oraz urządzenie do stosowania tego sposobu.

Dotychczas znane sposoby pomiaru wielkości ogniskowej układów optycznych są sposobami czysto optycznymi i przy dokładnym pomiarze — bardzo pracochłonnymi. Fotoelektrycznymi sposobami dokonuje się pomiaru odległości czołowej, tj. odległości między ostatnią powierzchnią układu optycznego a ogniskiem układu.

Znane metody pomiaru ogniskowej sprowadzają się głównie do lokalizowania obrazów określonych punktów testu, utworzonych przez optyczny układ pomiarowy. Określenie położenia obrazów punktów umożliwia zmierzenie odległości między nimi. Dopiero ta zmierzona wielkość lub wielkości przy znajomości danych wynikających z konstrukcji przyrządu pozwalają na rozwiązanie równania określającego ogniskową. Dotychczas stosowane metody nie uwzględniały wpływu aberracji na dokładność pomiaru.

Pośredni pomiar ogniskowej układu optycznego może być dokonany przez określenie powiększenia podłużnego układu na osi, bądź przez określenie powiększenia poprzecznego badanego układu. Za stosowaniem pierwszej metody przemawia istnienie tylko jednej aberracji osiowej, posiadającej zawsze ten sam kierunek i najłatwiejszej do szacunkowego

2

określenia. Wadą tej metody jest natomiast konieczność lokalizowania kilku punktów na osi, co powoduje znaczny wzrost rozrzutu wyników. Natomiast pomiar ogniskowej przez określenie powiększenia poprzecznego komplikuje się ilością aberracji utrudniając określenie nawet znaku błędu systematycznego.

Sposób według wynalazku eliminuje niedogodności i wady omówionych wyżej metod pośredniego pomiaru ogniskowej układu optycznego. Polega on na zlokalizowaniu ogniska obrazowego mierzonego układu, a tym samym płaszczyzny ogniskowej obrazowej przy zastosowaniu diafragmowania układu mierzonego w stopniu zależnym od długości jego ogniskowej, korekcji układu i wymaganej dokładności pomiaru, a następnie zmierzeniu w tej płaszczyźnie wielkości obrazu przedmiotu nieskończenie odległego o znanej wielkości katowej. Pomiar wielkości obrazu wykonuje się przez dwukrotne celowanie np. mikroskopem na końcu obrazu i zmierzenie koniecznego do tego poprzecznego przesunięcia mikroskopu, przy czym uprzednio ustawiony (przy lokalizowaniu ogniska obrazowego) przyrząd celowniczy, może przesuwając się tylko równolegle do płaszczyzny ogniskowej badanego układu.

Po zogniskowaniu układ zostaje przysunięty na tyle, by zastosowany otwór względny pozwalał jeszcze na wykonanie (ze względów energetycznych) pomiaru wielkości obrazu i równocześnie likwidował wpływ aberracji pozaosiowych na błąd po-

miaru. Pomiar ten przeprowadza się przy zastosowaniu znanego układu Hartmanna-Porro, składającego się z kolimatora i obiektywu badanego, przy czym ogniskową badanego obiektywu określa się z następującej zależności

$$f'_{ob} = \frac{f'_{kol}}{y} : y'$$

gdzie:

$f'_{ob}$  — ogniskowa obrazowa badanego obiektywu

$f'_{kol}$  — ogniskowa kolimatora

$y$  — znana wielkość przedmiotu

$y'$  — zmierzona wielkość obrazu utworzonego przez układ pomiarowy

Ponieważ dla określonego przyrządu stosunek  $f'_{kol}:y$  jest wielkością stałą, istnieje więc liniowa proporcjonalna zależność między wielkościami  $f'_{ob}$  i  $y'$

$$f'_{ob} = k \cdot y'$$

gdzie:  $k$  jest współczynnikiem proporcjonalności.

Diafragmowanie układu w takim stopniu, by błąd spowodowany aberracją sferyczną był wobec całkowitego błędu pomiaru do pominięcia, powoduje nadmierny wzrost błędu pomiaru przy lokalizacji ogniska obrazowego przedmiotu. Dlatego też przez ustalenie położenia punktu odległego od ogniska o odległość  $p$ , którą należy oszacować i dodać do otrzymanego wyniku pomiaru przy ogniskowaniu układu z takim otworem względnym, by błąd oszacowania wielkości  $p$  wobec całkowitego błędu pomiaru był do pominięcia. Uwzględniając to, ostatnia zależność przyjmie postać:

$$f'_{ob} = ky' + p$$

Po oszacowaniu wielkości  $p$  pomiar ogniskowej w układzie Hartmanna-Porro sprowadza się do zmierzenia odległości między punktami przebicia płaszczyzny ogniskowej przez promienie wychodzące z obrazowego punktu głównego tworzące obrazy osi znaków testowych.

Obrazy tych znaków powinny się znajdować w możliwie małej odległości katowej, by błąd pomiaru spowodowany dystorsją był do pominięcia w porównaniu z całkowitym błędem pomiaru.

Do lokalizowania płaszczyzny ogniskowej w omawianej metodzie pomiaru można wykorzystać znane fotoelektryczne metody określania odległości czołowej. Przez lokalizowanie płaszczyzny ogniskowej należy w praktyce rozumieć umieszczenie stycznie lub równoległe do niej wybranego elementu przyrządu pomiarowego np. przesłony ze szczeliną. Mając zlokalizowaną płaszczyznę ogniskową można fotoelektrycznie określić ogniskową. Sprowadza się to do fotoelektrycznego pomiaru wielkości obrazu określonego odcinka.

Sposób pomiaru ogniskowej według wynalazku ilustruje fig. 1 przedstawiająca schemat ideowy układu pomiarowego. Układ pomiarowy składa się z obiektywu kolimatora  $K$ , w którego płaszczyźnie przedmiotowej  $P$  znajdują się dwa punkty świetlne  $A$  i  $B$  oraz z obiektywu badanego  $O$ , w którego płaszczyźnie obrazowej tworzą się obrazy  $A'$ ,  $B'$

punktów  $A$  i  $B$ . Pomiar przeprowadza się w następujący sposób: w płaszczyźnie przedmiotowej  $P$  układu pomiarowego umieszcza się dwa stałe punkty świetlne  $A$  i  $B$  umieszczone symetrycznie po obu stronach osi optycznej układu pomiarowego. Wówczas w płaszczyźnie ogniskowej  $P'$  badanego obiektywu  $O$  utworzą się obrazy tych punktów  $A'$  i  $B'$  w odległości zależnej od ogniskowej obiektywu  $O$ .

Pomiar odcinka  $AB''$  pozwala na obliczenie szukaney ogniskowej z podanego poprzednio wzoru. Długość odcinka  $A'B'$  odczytuje się fotoelektrycznie przez przesuwanie wzdłuż odcinka  $A'B'$  szczeliny razem z umieszczonym za nią fotoelementem na tle podziałki liniowej. Podziałka ta może być wykonana np. w postaci siatki dyfrakcyjnej, której rysy odczytywane fotoelektrycznie przez mikroskop dadzą impulsy elektryczne o ilości proporcjonalnej do drogi optycznej przebytej przez szczelinę. Zliczanie impulsów sterowane jest przez fotoelement, który pod wpływem impulsu świetlnego w punkcie  $A'$  odblokowuje układ liczący impulsy, a pod wpływem impulsu świetlnego w punkcie  $B$  — układ ten zablokowuje.

Urządzenie do stosowania sposobu pomiaru ogniskowej według wynalazku jest przedstawione w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 2 przedstawia schemat przyrządu pomiarowego. W skład przyrządu pomiarowego wchodzi kolimator składający się z obiektywu 1 oraz umieszczonej w jego płaszczyźnie ogniskowej przesłony 2 z dwiema szczelinami 3 i 4 oświetlonymi przez ustawiony z tyłu za nimi zespół oświetlający 5; za obiektywem kolimatora 1 ustawia się obiektyw mierzony 6 z przesłoną aperturową 7. Zespół odczytowy urządzenia składa się z przesłony 8 umieszczonej w płaszczyźnie ogniskowej obiektywu 6 w której znajduje się szczelina odczytowa 9, a za nią ustawiony jest fotoelement 10. Połączony z fotoelementem 10 generator impulsów składa się z płytki z podziałką 11 połączonej na stałe z przesłoną 8, poruszającej się w pęku promieni wychodzących z oświetlacza 14 a wpadających do mikroskopu odczytowego 12, za którym znajduje się fotoelement 13. Z fotoelementem 10 sprzężony jest elektroniczny układ sterujący 15 wraz z przelicznikiem 16. Przyrząd wyposażony jest również w zespół służący do ustawiania mierzonego układu optycznego tak, by jego oś optyczna pokryła się z osią kolimatora, a płaszczyzna ogniskowa z wybraną określoną płaszczyzną, w skład którego wchodzi mikroskop pomocniczy 17, znak 18 (np. podwójny krzyż) umieszczony w płaszczyźnie ogniskowej obiektywu mierzonego 6 oraz znak 19 (np. pojedynczy krzyż) umieszczony w ognisku przedmiotowym obiektywu kolimatora 1.

Ostry obraz obu krzyży w mikroskopie 17, pierwszego obserwowanego bezpośrednio, a drugiego poprzez obiektyw kolimatora 1 i układ mierzony 6, pozwoli na sprawdzenie układu mierzonego. Pomiar ogniskowej przy zastosowaniu omówionego wyżej urządzenia przeprowadza się w sposób następujący: po odpowiednim dla lokalizacji płaszczyzny ogniskowej przymknięciu przysłony 7 obiektyw mierzony 6 należy ustawić w takim położeniu, by jego płaszczyzna ogniskowa pokryła się z pla-

szczyną przysłony 8. Następnie przymyka się, jeśli to konieczne, przysłonę 7 i przysłonę 8 przesuwając się z jednego skrajnego położenia w drugie, tak by w międzyczasie szczelina 9 pokryła się z obrazami szczelin 3 i 4. Skrajne położenia szczeliny 9 są wówczas symetryczne względem osi układu i tak dobrane, że szczelina 9 znajdując się w nich jest w całym zakresie pomiarowym na zewnątrz obrazów szczelin 3 i 4. Wraz z ruchem szczeliny 9 na skutek ruchu płytki 11 fotoelement 13 wysyła impulsy, których ilość jest proporcjonalna do drogi przebytej przez szczelinę 9. Ruch szczeliny 9 musi mieć wektor skierowany stale w tym samym kierunku.

Impulsy wysyłane przez fotoelement 13, są blokowane na drodze do przelicznika 16 przez układ sterujący 15, tak długo aż obraz szczeliny 3 pokryje się ze szczeliną 9.

Wysłany wówczas sygnał przez fotoelement 10 odblokowuje układ sterujący, przez co przelicznik zacznie liczyć impulsy wysyłane przez fotoelement 13. Układ sterujący ponownie zablokuje drogę impulsom w momencie, gdy obraz szczeliny 4 pokryje się ze szczeliną 9 na skutek sygnału wysłanego przez fotoelement 10.

Tak więc przelicznik wykaże ilość impulsów powstałych w czasie, gdy szczelina 9 znajdować się będzie między obrazami szczelin 3 i 4. Znając liczbę zarejestrowanych impulsów oraz stałą siatki a, wielkość mierzonego obrazu y' można określić ze wzoru

$$y' = \frac{m}{a}$$

a tym samym ogniskowa obrazowa badanego obiektu, wynosi

$$f'_{ob} = k \cdot \frac{m}{a} + p$$

Do pomiaru ogniskowej układów ujemnych oraz układów dodatnich z ogniskiem nierzeczywistym można zastosować omawianą tutaj metodę pomiaru, wprowadzając między obiektyw mierzony a przesłony 8 dodatkowy obiektyw dodatni. Ogniskowa czołowa tego objektwu musi być tak dobrana, by możliwe było otrzymanie obrazu rzeczywistego, którego przedmiotem jest urojony obraz, utworzony przez układ mierzony.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Fotoelektryczny sposób pomiaru wielkości ogniskowej układów optycznych, w którym pomiar wielkości obrazu leżącego w płaszczyźnie ogniskowej mierzonego układu przeprowadza się przy zastosowaniu układu Hartmanna-Porro, **znamiennie tym**, że położenie płaszczyzny ogniskowej obrazowej mierzonego układu (6) wyznacza się przy zastosowaniu diafragmowania układu mierzonego za pomocą przysłony aperturowej (7) w stopniu zależnym od długości ogniskowej mierzonego układu, jego korekcji i wymaganej dokładności pomiaru, a następnie w płaszczyźnie tej przeprowadza się metodą fotoelektryczną pomiar wielkości obrazu przedmiotu nieskończenie odległego o znanej wielkości kątowej przy jak najmniejszym otworze względnym układu pomiarowego (6), ograniczonym czułością zastosowanego fotoelementu (10).

2. Urządzenie do stosowania sposobu według zastrz. 1, składające się z kolimatora, objektwu mierzonego, zespołu odczytowego, generatora impulsów i elektronicznego układu sterującego **znamiennie tym**, że posiada element ruchomy w postaci płytki z podziałką (11) powodującej w trakcie ruchu powstawanie impulsów elektrycznych w ilości proporcjonalnej do wielkości mierzonego obrazu, połączony z przysłoną (8) zawierającą szczelinę (9) umieszczoną w płaszczyźnie ogniskowej mierzonego układu (6) oraz znajdujący się za tą szczeliną fotoelement (10), który steruje zliczaniem impulsów tak, by policzone były impulsy odpowiadające mierzonej wielkości obrazu szczelin (3) i (4), utworzonego przez obiektyw kolimatora (1) i układ mierzony (6).

3. Urządzenie według zastrz. 3, **znamiennie tym**, że posiada mikroskop (17) służący do ustawiania mierzonego układu (6) w takim położeniu, by jego oś optyczna pokryła się z osią kolimatora (1), a płaszczyzna ogniskowa leżała w określonej płaszczyźnie w której znajduje się przysłona (8) ze szczeliną odczytową (9).

4. Urządzenie według zastrz. 2, **znamiennie tym**, że między obiektywem kolimatora (1) a mierzonym układem (6) znajduje się przysłona (7) pozwalająca na płynną zmianę otworu względnego mierzonego układu.

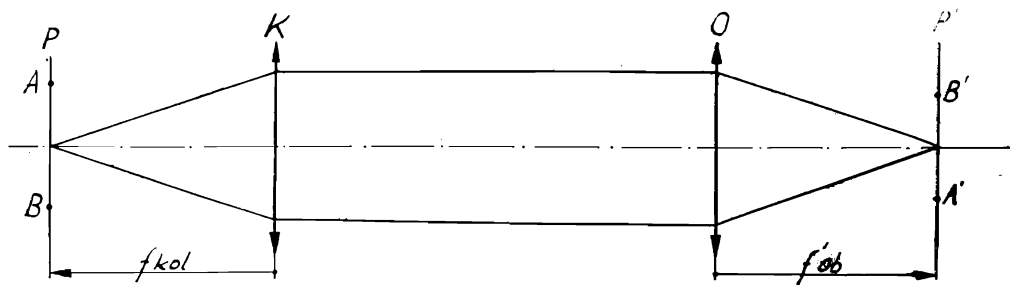


Fig. 1

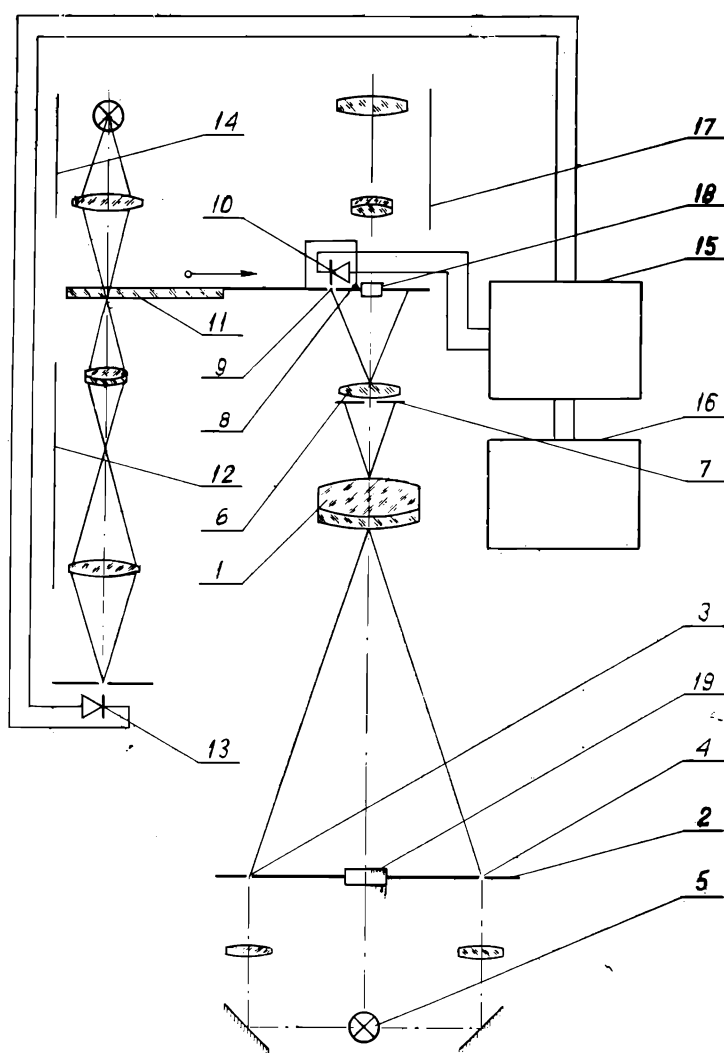


Fig. 2

Cena zł 10,—