



Patent dodatkowy
do patentu 53149

Zgłoszono: 02.VII.1968 (P 127 847)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 25.IV.1972

Kl. 42 h, 21/00

MKP G 02 b, 27/28

UKD

Twórca wynalazku: Maksymilian Pluta

Właściciel patentu: Centralne Laboratorium Optyki, Warszawa (Polska)

Mikroskop interferencyjno-polaryzacyjny

1

Przedmiotem patentu głównego nr 53149 jest mikroskop interferencyjno-polaryzacyjny zaopatrzony w układ dwóch pryzmatów dwójłomnych, z których jeden ma zewnętrzną płaszczyznę lokalizacji prążków interferencyjnych, umieszczony jest tuż za układem soczewkowym obiektywu i jest obrotowy wokół jego osi a drugi pryzmat, mający również zewnętrzną albo też wewnętrzną płaszczyznę lokalizacji prążków interferencyjnych, znajduje się w tubusie mikroskopu i jest przesuwany w kierunku równoległym i prostopadłym do osi obiektywu. Pierwszy z tych pryzmatów nazwany jest pryzmatem obiektywowym a drugi tubusowym.

Przez ruch obrotowy pryzmatu obiektywowego dokonuje się zmiany wielkości rozdzielenia obrazu badanego przedmiotu. W zależności od ustawienia tego pryzmatu względem pryzmatu tubusowego otrzymuje się dla danego powiększenia obiektywu trzy różne wartości rozdzielenia obrazu, będące sumą albo różnicą rozdzielenia dawanych przez każdy pryzmat z osobna, albo też rozdzieleniem pochodzącym tylko od pryzmatu tubusowego.

W pierwszym przypadku kąty łamiące obydwu pryzmatów są skierowane zgodnie (jest to ustawienie addytywne pryzmatu obiektywowego), w drugim przypadku — przeciwnie (ustawienie subtraktywne pryzmatu obiektywowego), w trzecim — krawędzie łamiące obu pryzmatów tworzą kąt 45° (ustawienie neutralne pryzmatu obiektywowego).

2

Przejsie przez wszystkie trzy wartości rozdzielenia obrazu wymaga obrotu pryzmatu obiektywowego przynajmniej o 180°, pod warunkiem, że wyjściowe położenie tego pryzmatu jest addytywne lub subtraktywne.

W przypadku, gdy wyjściowe ustawienie pryzmatu obiektywowego jest dowolne, dla otrzymania wszystkich wymienionych wartości rozdzielenia, wymagany jest, aby kąt obrotu wynosił 360°. Jest to niewygodne zarówno dla konstruktora jak i użytkownika mikroskopu, ponieważ pryzmat obiektywowy w celu uzyskania możliwie dużych wartości rozdzielenia obrazu, musi mieć duży kąt łamiący i tym samym dla uzyskania jednorodnej interferencji musi być umieszczony jak najbliżej obiektywu mikroskopowego, a najkorzystniej w samym obiektywie tuż za jego ostatnią soczewką.

Realizacja obrotu pryzmatu o 360° w takim przypadku może być dokonana dwoma sposobami: przez obrót całego obiektywu lub przez obrót samego pryzmatu wokół osi obiektywu. W pierwszym przypadku nie uniknione jest przemieszczanie się (bicie) obrazu wraz z obrotem obiektywu, co jest niepożądane z punktu widzenia sprawnego użytkownika mikroskopu, natomiast w drugim przypadku konstrukcja mechaniczna obiektywu jest dość skomplikowana i kosztowna.

Celem wynalazku jest usunięcie wymienionych niedogodności oraz udoskonalenie urządzenia do

zmiany wielkości rozdwojenia obrazu w omawianym mikroskopie interferencyjno-polarizacyjnym.

Zgodnie z wytyczonym zadaniem powyższy cel osiągnięto dzięki zastosowaniu między pryzmatami dwójłomnymi płytki półfalowej (półfalówki) wykonanej z materiału dwójłomnego (np. kwarcu) i wytwarzającej między promieniem świetlnym zwyczajnym i nadzwyczajnym różnicę drogi optycznej równą $1/2$ długości fali świetlnej. Płytką taką posiada własność obrotu płaszczyzny polaryzacji światła liniowo spolaryzowanego o kąt symetryczny w stosunku do jednego z jej dwóch przekrojów głównych, wyznaczonych przez kierunki drgań światła w promieniu zwyczajnym i nadzwyczajnym.

Własność tę wykorzystano do zmiany rozdwojenia obrazu w mikroskopie interferencyjno-polarizacyjnym od wartości odpowiadającej addytywnemu ustawieniu pryzmatu obiektywowego do wartości odpowiadającej subtraktywnemu ustawieniu tego pryzmatu, względnie na odwrót.

Urządzenie według wynalazku dokładnie wyjaśnione jest na podstawie przykładu jego wykonania, zilustrowanego na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat układu optycznego mikroskopu interferencyjno-polarizacyjnego z układem dwóch pryzmatów dwójłomnych i półfalówką, fig. 2 — pryzmat dwójłomny symetryczny Wollastona, fig. 3 — maksymalne rozdwojenie obrazu w polu widzenia mikroskopu, fig. 4 — pośrednie rozdwojenie obrazu, fig. 5 — minimalne rozdwojenie obrazu, fig. 6 — jedno podstawowe ustawienie płytki półfalowej względem pryzmatu dwójłomnego obiektywowego, fig. 7 — drugie podstawowe ustawienie płytki półfalowej względem tegoż pryzmatu.

Podstawowymi elementami mikroskopu, w którym zastosowano urządzenie zgodnie z wynalazkiem, są: polaryzator **P**, przysłona aperturowa **D** ze szczeliną **S** umieszczoną w ognisku kondensora **K**; obiektyw **Ob** z pryzmatem dwójłomnym **W₁** obrotowym wokół jego osi; płytka półfalowa **PF**; pryzmat dwójłomny **W₂** umieszczony w tubusie mikroskopu i przesuwany w kierunku równoległym do osi obiektywu zaznaczonym strzałką **w**, oraz w kierunku prostopadłym do osi obiektywu i zaznaczonym strzałką **p**. Ustawienie pryzmatu **W₂** jest takie, że jego krawędź łamiąca (jest to krawędź przy kącie łamiącym pryzmatu, oznaczonym na rysunku przez α_2) jest równoległa do szczeliny **S** przysłony aperturowej **D** kondensora **K**.

Z pryzmatem **W₂** połączona jest płytka mikrometryczna **M**, służąca do pomiaru przesunięcia pryzmatu w kierunku **p** przy wyznaczaniu różnicy drogi optycznej w badanym preparacie **B**. Powyżej pryzmatu **W₂** umieszczony jest analizator **A**, a następnie dwuocznna nasadka okularowa **ND**, okular **OK** do obserwacji obrazu interferencyjnego badanego preparatu i mikroskop pomocniczy **MP**, składający się z obiektywu **L**, płytki ogniskowej **PO** i okulara **E**. Mikroskop **MP** służy do odczytywania wartości podziałki płytki mikrometrycznej **M**.

Pryzmaty dwójłomne **W₁** i **W₂** (wykonane np. z kryształu kwarcu) charakteryzują się tym,

że każdy z nich umieszczony między dwoma polaryzatorami daje w świetle przechodzącym prostoliniowe prążki interferencyjne. Prążki te biegną równolegle do krawędzi łamiącej pryzmatu i są zlokalizowane w płaszczyźnie (**H₁** i **H₂**) leżącej w pewnej odległości (**h₁** i **h₂**) tym większej im mniejszy jest kąt łamiący (α_1 i α_2) pryzmatu dwójłomnego, im grubszy jest sam pryzmat i im większy kąt (β_1 i β_2) pod jakim klin 1 pryzmatu wycięty jest do osi optycznej kwarcu, zaznaczonej na rysunku podwójną strzałką. Oś ta w drugim klinie (2) pryzmatów biegnie prostopadle do płaszczyzny rysunku, co zaznaczono w postaci kółka z kropką. Kontrastowość prążków interferencyjnych jest maksymalna, jeżeli płaszczyznę polaryzacji są skrzyżowane i tworzą kąt 45° z krawędzią łamiącą pryzmatu.

Pryzmaty **W₁** i **W₂** mają tak dobrane wyżej wymienione parametry, że płaszczyzny **H₁** i **H₂** lokalizacji ich prążków interferencyjnych pokrywają się z ogniskiem obrazowym **F'** obiektywu **Ob**. Wówczas w płaszczyźnie obrazowej π' mikroskopu otrzymuje się pole interferencyjne w postaci jednorodnej barwy (lub jasności). Pryzmat **W₂** jest wymienny na pryzmat **W₃** (fig. 2), który jest symetrycznym pryzmatem dwójłomnym Wollastona z prążkami interferencyjnymi zlokalizowanymi w płaszczyźnie **H₃**, przebiegającej przez jego środek. Jest to zatem pryzmat z wewnętrzną płaszczyzną lokalizacji prążków interferencyjnych. Służy on do otrzymywania w płaszczyźnie obrazowej π' interferencji z polem prążkowym.

Ogólna zasada działania mikroskopu jest następująca. — Z kondensora **K** wychodzi płaska fala świetlna liniowo spolaryzowana przez polaryzator **P**. Fala ta przechodząc przez preparat **B** ulega lokalnym deformacjom (przesunięciem fazy) odpowiednio do występujących w preparacie różnic drogi optycznej. Zdeformowana fala wpada do obiektywu **Ob** i następnie zostaje rozdzielona przez pryzmat dwójłomny **W₁** na dwie fale: zwyczajną i nadzwyczajną. Z fal tych na rysunku wyodrębniono po jednym promieniu świetlnym: **J₀** i **J_e**.

Pierwszy z nich po wyjściu z pryzmatu **W₁** jest spolaryzowany w płaszczyźnie przekroju głównego klina 2 (jest to płaszczyzna wyznaczona przez normalną i oś optyczną tego klina), a drugi promień w płaszczyźnie przekroju głównego klina 2, co odpowiednio zaznaczono na rysunku podwójną strzałką i kółkiem z kropką. Rozdwojone fale świetlne padając na pryzmat **W₂** ulegają dalszemu załamaniu, a następnie po przejściu przez analizator **A** zostają spolaryzowane w tej samej płaszczyźnie i nakładając się dają w płaszczyźnie obrazowej π' obraz interferencyjny badanego przedmiotu **B** w postaci zmiany barwy lub jasności jednorodnego pola interferencyjnego (lub w postaci odchylenia prążków interferencyjnych, jeśli zamiast pryzmatu **W₂** stosuje się pryzmat **W₃**).

Obraz przedmiotu **B** składa się z dwóch bardziej lub mniej rozdwojonych obrazów: **B₀** i **B_e**, z których pierwszy odpowiada fali świetlnej **J₀**, a drugi fali **J_e**. Maksymalne rozdwojenie obrazu (Fig. 3) uzyskuje się wówczas, jeżeli pryzmat obiektywowy

W_1 jest ustawiony tak, jak to pokazano na fig. 1. Jest to położenie addytywne pryzmatu W_1 , a wypadkowe rozdwojenie r obrazu (Fig. 3) jest sumą rozdwojeń r_1 i r_2 dawanych przez każdy pryzmat z osobna. Liczbowo rozdwojenia te wyrażają się w sposób następujący:

$$r_1 = f'M (n_e - 2n_o + n_1) \cdot \operatorname{tg} \alpha_1,$$

$$r_2 = f'M (n_e - 2n_o + n_2) \cdot \operatorname{tg} \alpha_2,$$

gdzie f' jest ogniskową obrazową obiektywu, M — jego powiększeniem, α_1 i α_2 — kątami łamiącymi pryzmatów dwójłomnych, n_o i n_e — współczynnikami załamania zwyczajnym i nadzwyczajnym materiału dwójłomnego, z którego pryzmaty są wykonane, a n_1 i n_2 określone są wzorami:

$$n_1 = \frac{n_o n_e}{\sqrt{n_o^2 \cos^2 \beta_1 + n_e^2 \sin^2 \beta_1}}$$

$$n_2 = \frac{n_o n_e}{\sqrt{n_o^2 \cos^2 \beta_2 + n_e^2 \sin^2 \beta_2}}$$

gdzie β_1 i β_2 są kątami pod jakimi kliny 1 pryzmatów W_1 i W_2 są wycięte do osi optycznej kryształu dwójłomnego.

Jeżeli pryzmat dwójłomny W_1 zostanie następnie obrócony wokół osi obiektywu Ob o 180° , to wówczas wypadkowe rozdwojenie r ulegnie zmianie i będzie równe różnicy rozdwojeń r_1 i r_2 (Fig. 4). Jest to subtraktywne ustawienie pryzmatu W_1 względem pryzmatu W_2 .

Różnica między subtraktywnym i addytywnym ustawieniem pryzmatu W_1 polega na tym, że przy ustawieniu addytywnym promień zwyczajny J_o odchylony był w prawo od osi obiektywu, a promień nadzwyczajny J_e w lewo. Przy ustawieniu subtraktywnym promień J_o przechodzi na lewą stronę a promień J_e na prawą. Jeżeli natomiast pryzmat W_1 obróci się w jednym lub drugim kierunku od położenia przedstawionego na fig. 1 o 45° , to wówczas wypadkowe rozdwojenie r będzie równe rozdwojeniu r_2 , jakie daje tylko pryzmat W_2 (Fig. 5).

W przypadku gdy ze względów konstrukcyjnych nie może być zagwarantowane jednoznaczne wyjściowe ustawienie pryzmatu dwójłomnego, np. addytywne (lub subtraktywne), ale dowolne, to wówczas dla przejścia od rozdwojenia obrazu $r = r_1 + r_2$ do $r = r_1 - r_2$ należy pryzmatowi W_1 zapewnić obrót wokół osi obiektywu o pełny kąt 360° .

Tak dużego kąta obrotu uniknie się wykorzystując półfalówkę PF (Fig. 1). Jeżeli mianowicie pryzmat W_1 będzie ustawiony tak, jak to przedstawiono na fig. 1, a półfalówka PF tak, jak pokazano na fig. 6, to znaczy jeden z jej kierunków głównych g_1 , g_2 (są to kierunki drgań światła w półfalówce) będzie równoległy do kierunku osi optycznej KO klina 2 pryzmatu W_1 , to promienie J_o i J_e po przejściu przez półfalówkę nie zmieniają swojego charakteru; ich kierunek drgań będzie taki sam po przejściu przez półfalówkę jak i przed wejściem do niej, co zaznaczono na fig. 6 strzał-

kami J_o i J_e , mającymi ten sam kierunek co na fig. 1.

Takie ustawianie półfalówki określa się jako pierwsze podstawowe ustawienie. Jeżeli natomiast półfalówka PF zostanie ustawiona tak, jak to przedstawiono na fig. 7, gdzie jeden z jej głównych kierunków g_1 , g_2 tworzy z osią optyczną klina 2 pryzmatu W_1 kąt 45° , to kierunki drgań światła promieni J_o i J_e (Fig. 1) ulegną po przejściu przez półfalówkę skręceniu o 90° . Promień J_o przyjmie więc kierunek drgań promienia J_e i na odwrót. Półfalówka PF przekształca promień J_o w J_e a promień J_e w J_o , jak to zaznaczono na fig. 7. Takie ustawienie półfalówki określa się jako drugie podstawowe ustawienie.

Chcąc z kolei otrzymać wypadkowe rozdwojenie $r = r_1$ należy przy drugim podstawowym ustawieniu półfalówki PF (Fig. 7) obrócić pryzmat W_1 wokół osi obiektywu Ob (Fig. 1) o kąt 45° w jednym lub drugim kierunku od położenia addytywnego (lub subtraktywnego). W ten sposób dla uzyskania wszystkich trzech wartości rozdwojenia obrazu wystarczy zapewnić pryzmatowi W_1 obrót w granicach 45° . W przypadku dowolnego wyjściowego ustawienia pryzmatu W_1 przedział jego obrotu musi być dwa razy większy, tzn. 90° . W ten sposób stosując półfalówkę uzyskuje się w jednym i drugim przypadku czterokrotnie mniejszy kąt obrotu pryzmatu obiektywowego W_1 niż w znany dotychczas rozwiązaniu.

Stosując pryzmat W_3 (Fig. 2) zamiast pryzmatu W_2 . Rozdwojenie obrazu r_3 dawane przez ten pryzmat określone jest wzorem:

$$r_3 = (f'M - h_3) 2 (n_e - n_o) \operatorname{tg} \alpha_3,$$

gdzie h_3 jest odległością pryzmatu W_3 od ogniska obrazowego F' obiektywu Ob , α_3 — kątem łamiącym pryzmatu, f' — ogniskową obiektywu, M — jego powiększeniem, n_o i n_e — zwyczajnym i nadzwyczajnym współczynnikami załamania światła materiału dwójłomnego z którego pryzmat W_3 jest wykonany.

Ustawiając półfalówkę PF tak, jak to pokazano na rys. 6 i 7 otrzymuje się wypadkowe rozdwojenie obrazu $r = r_1 + r_3$ i $r = r_1 - r_3$, a następnie obracając pryzmat W_1 o 45° od położenia pokazanego na fig. 1 uzyskuje się trzecią wartość rozdwojenia obrazu $r = r_3$. Korzystnie jest, aby rozdwojenie r_3 pryzmatu W_3 było nieznacznie większe lub mniejsze od rozdwojenia r_1 pryzmatu W_1 . Wówczas wartość rozdwojenia $r = r_1 - r_3$ jest mała i otrzymuje się tak zwaną dyferencjalną interferencję z polem prążkowym.

Zastrzeżenie patentowe

Mikroskop interferencyjno-polarizacyjny według patentu nr 53149, zawierający pryzmat dwójłomny w tubusie mikroskopu przesuwany w kierunku równoległym i prostopadłym do osi obiektywu, oraz pryzmat dwójłomny z zewnętrzną płaszczyzną lokalizacji prążków interferencyjnych, umieszczony za układem optycznym obiektywu mikroskopowego i osadzony obrotowo wokół osi obiektywu w sposób umożliwiający zmianę rozdwojenia obrazu badanego przedmiotu, **znamienny tym**, że między

pryzmatami dwójłomnymi (W_1 i W_2) umieszczona jest płytka półfalowa (PF), przez obrót której o kąt 45° wokół osi obiektywu (Ob) uzyskuje się przejście od wypadkowego rozdwojenia obrazu badanego

przedmiotu, odpowiadającego sumie rozdwojeń tego obrazu, dawanych przez pryzmaty dwójłomne (W_1 i W_2) lub (W_1 i W_3), do rozdwojenia będącego różnicą rozdwojeń składowych.

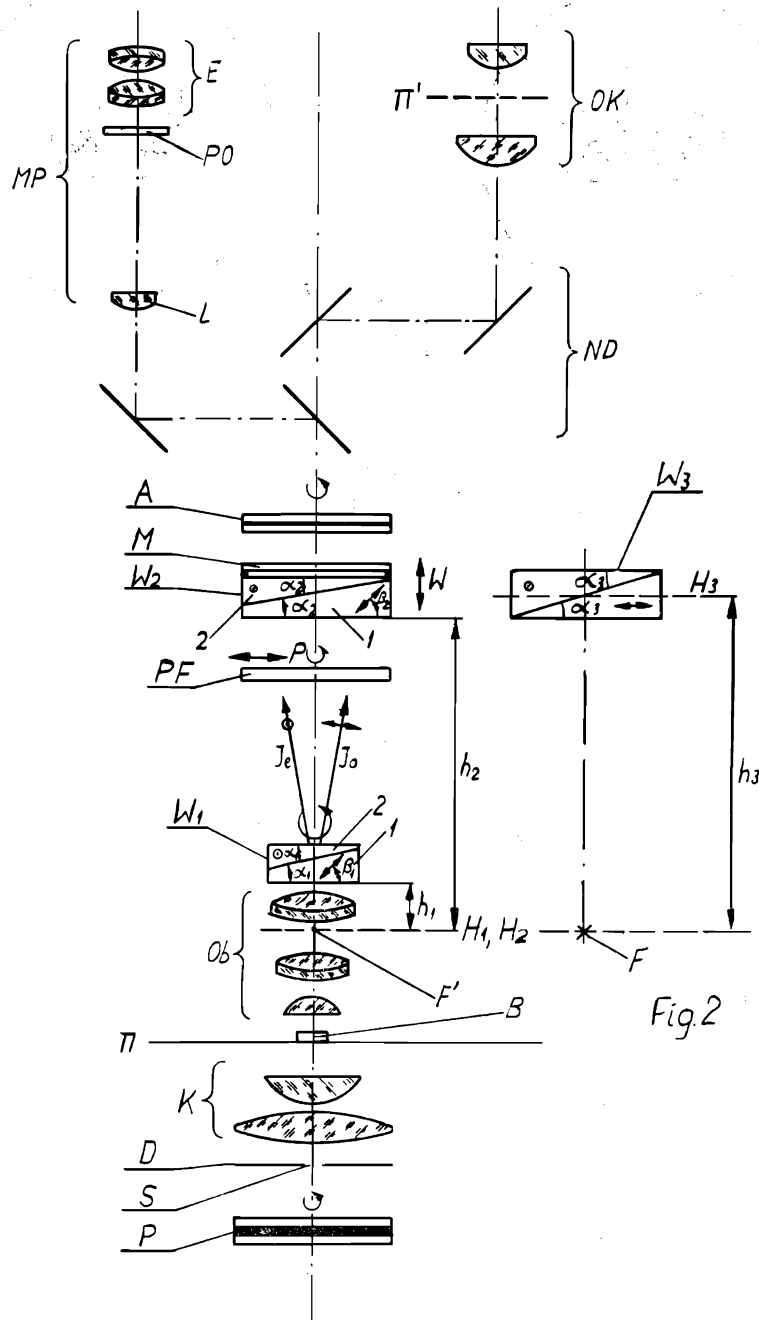


Fig 1

Fig 2

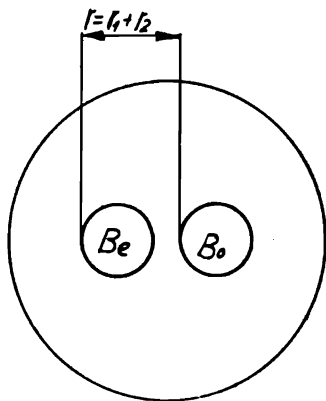


Fig. 3

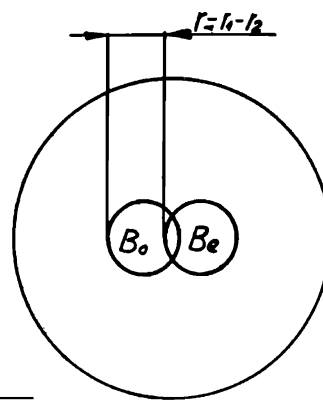


Fig. 4

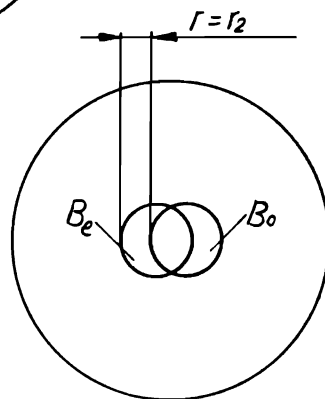


Fig. 5

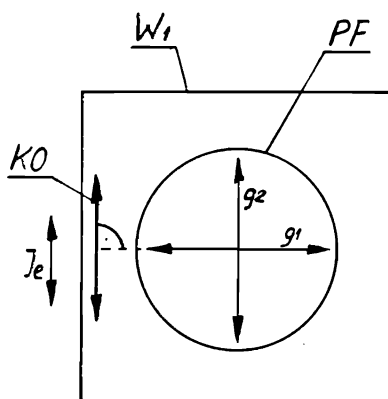


Fig. 6

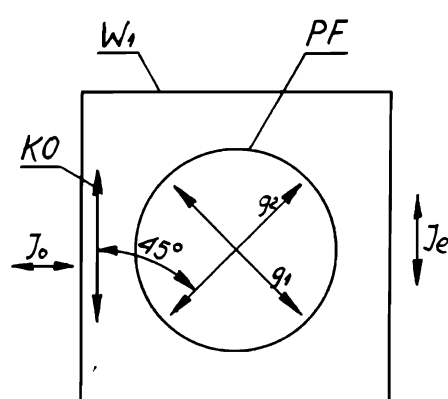


Fig. 7