



URZĄD
PATENTOWY
PRL

Patent dodatkowy
do patentu nr _____

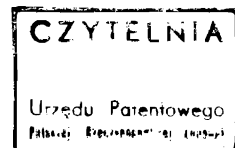
Zgłoszono: 84 07 18 (P. 248807)

Pierwszeństwo _____

Zgłoszenie ogłoszono: 86 02 11

Opis patentowy opublikowano: 90 07 31

Int. Cl.⁴ G01B 9/02



Twórcy wynalazku: Krzysztof Weiss, Alina Fabijanek, Marek Daszkiewicz

Uprawniony z patentu: Instytut Tele- i Radiotechniczny,
Warszawa (Polska)

**Sposób pomiaru płaskości powierzchni niepolerowanych
zwłaszcza płytek kwarcowych
i interferometr cykliczny
do pomiaru płaskości powierzchni niepolerowanych
zwłaszcza płytek kwarcowych**

Wynalazek dotyczy sposobu pomiaru płaskości powierzchni niepolerowanych zwłaszcza płytek kwarcowych i interferometru cyklicznego do pomiaru płaskości powierzchni niepolerowanych zwłaszcza płytek kwarcowych.

Dotychczas pomiaru płaskości powierzchni niepolerowanych dokonuje się przez pomiar grubości oraz przez sprawdzenie płaskości za pomocą sprawdzianów krawędziowych. Metoda ta nie nadaje się do sprawdzenia płaskości płytek cienkich. Przy grubościach rzędu 0,1 mm płytka przy delikatnym nawet nacisku ulega deformacji, przez co uzyskany wynik nie odzwierciedla rzeczywistej niepłaskości płytki. Poza tym metoda ta obarczana jest dużym błędem i praktycznie pozwala zaobserwować niepłaskość powierzchni płytki powyżej 1 μ m. Stosuje się również metodę wizualizacji niepłaskości płytek przez obserwację prążków interferencyjnych pomiędzy badaną powierzchnią, a powierzchnią pryzmatu. Jednak jest to metoda stykowa, u której badana powierzchnia musi przylegać do powierzchni pryzmatu co dyskwalifikuje ją przy sprawdzeniu płaskości cienkich płytek. Ponieważ kąt obserwacji obrazu jest nieznany interpretacja wyników, a zatem i określenie wielkości płaskości jest niemożliwe.

W stosowanych dotychczas do pomiaru płaskości powierzchni polerowanych interferometrach wiązka pada na badaną powierzchnię prostopadle (kąt padania 0°), w interferometrze Michelsona, lub pod kątem zawartym w przedziale 0°–45° w interferometrach cyklicznych. Najczęściej w interferometrach cyklicznych stosuje się kąt 45° dla interferometru czterozwierciadłowego i kąt 30° dla interferometru trójszwierciadłowego. Znane są interferometry o innych kątach padania wiązki jednak służą one do pomiaru innych parametrów np. przemieszczeń kątowych

(Pat. ZSRR Nr 833 844) a wszystkie powierzchnie odbijające w tych interferometrach są powierzchniami zwierciadłowymi. Wszystkie dotychczas znane interferometry nadają się wyłącznie do pomiaru płaskości powierzchni polerowanych. W przypadku powierzchni niepolerowanych rozproszenie światła jest tak wysokie, że nie powstaje obraz interferencyjny. Przy szlifowaniu elementów kwarcowych często proces technologiczny kończy się na szlifowaniu proszkiem ściernym o średniej wielkości ziarna od 5 do 3 μm i wówczas nie ma praktycznie możliwości kontroli płaskości dotychczasowymi metodami.

Sposób według wynalazku polega na zastosowaniu interferometru cyklicznego, w którym wiązka światła pada na badaną powierzchnię stanowiącą jedno ze zwierciadeł interferometru pod kątem padania znacznie większym od 45° . Przy czym drogi optyczne od zwierciadła światłodzielącego do geometrycznego środka powierzchni badanej powierzchni niepolerowanej są różne dla przeciwnych obiegów promieni świetlnych. Dzięki dużemu kątowi padania wiązki światła na badaną powierzchnię część promieni świetlnych odbija się od wierzchołków mikronierówności zgodnie z prawem odbicia i daje w układzie interferometru obraz podobny do tego, jakby była to powierzchnia zwierciadlana. Promienie, które nie są odbijane przez wierzchołki mikronierówności ulegają wielokrotnym odbiciom i rozproszeniu pod kątem znacznie różniącym się od kąta zwierciadlanego odbicia, a tym samym wychodzą z układu i nie zaburzają właściwego obrazu. Jeżeli natomiast kąt padania maleje coraz więcej promieni ulegających wielokrotnemu odbiciu i rozproszeniu wchodzi do układu i obraz interferencyjny zanika.

W interferometrze według wynalazku zwierciadło światłodzielące oraz jedno ze zwierciadeł płaskich całkowicie odbijających umocowane są równoległe do siebie w obudowie mocowanej do podstawy obrotowo na osi. Drugie zwierciadło płaskie całkowicie odbijające umieszczone jest w płaszczyźnie prostopadłej do podstawy i stolika równoległe do osi obrotu. Badana powierzchnia niepolerowana, której płaskość jest mierzona w interferometrze, umieszczona jest korzystnie na stoliku i stanowi jedno ze zwierciadeł w układzie optycznym interferometru przy kącie padania regulowanym w zakresie $60\text{--}85^\circ$ dobieranym indywidualnie dla badanej powierzchni tak, aby wystąpiło zwierciadlane odbicie wiązki światła. Rozmieszczenie zwierciadeł dobrane jest tak, aby w zamkniętym obiegu światła drogi optyczne pomiędzy badaną powierzchnią a zwierciadłem światłodzielącym były różne dla przeciwnych obiegów wiązki światła.

Wynalazek zostanie wyjaśniony w przykładzie wykonania na podstawie rysunku, na którym fig. 1 przedstawia obieg promieni w interferometrze, fig. 2 - schemat interferometru, a fig. 3-6 przedstawiając obrazy powierzchni niepłaskich uzyskane na interferometrze.

Według wynalazku pomiar płaskości powierzchni niepolerowanej w postaci próbki 3 dokonuje się w interferometrze cyklicznym, w którym wiązkę światła kieruje się na próbkę 3 w dwóch przeciwnych obiegach pod kątem znacznie większym od 45° .

Urządzenie składa się z podstawy 1, stolika 2 opartego na śrubach regulacyjnych 11, na którym umieszcza się badaną próbkę 3, dwóch zwierciadeł płaskich całkowicie odbijających 4 i 9 zwierciadła światłodzielącego 5, źródła światła 6 i soczewki skupiającej 7. Źródło światła 6, soczewka skupiająca 7 oraz zwierciadła 4 i 5 umieszczone są we wspólnej obudowie 8, mocowanej do podstawy 1 obrotowo na osi 10. Zwierciadło całkowicie odbijające 9 mocowane jest do podstawy na stałe pod kątem 90° do podstawy i stolika 2 równoległe do osi obrotu 10 obudowy 8. Wiązka światła ze źródła 6 jest częściowo kolimowana przez soczewkę skupiającą 7. Następnie ulega rozdzieleniu na zwierciadle światłodzielącym 5 na dwie wiązki obiegające w przeciwnych kierunkach układ interferometru cyklicznego składający się z dwóch całkowicie odbijających zwierciadeł 4 i 9, powierzchni badanej próbki 3 i zwierciadła światłodzielącego 5, które ponownie zbiera obie wiązki wyprowadzając je wspólnie na zewnątrz układu. Interferencję tych wiązek można obserwować bezpośrednio okiem względnie przy wykorzystaniu pomocniczej optyki obserwacyjnej. W związku z przeciwnym obiegiem obu interferencyjnych wiązek, ich fronty falowe są obrócone o 180° wokół osi prostopadłej do kierunków biegów promieni. Zatem interferują ze sobą wiązki odbite od różnych obszarów badanej powierzchni, dzięki czemu uwidaczniają się odchylenia od idealnej płaskości.

W przypadku powierzchni idealnie płaskiej przez regulację położenia próbki 3 na stoliku 2 za pomocą śrub regulacyjnych (11) można doprowadzić do zaniku prążków. Gdy powierzchnie nie są

płaskie można dla uproszczenia rozpatrywać trzy następujące przypadki powierzchni wypukłej sferycznie, powierzchni wklęsłej sferycznie i powierzchni skrzywionej cylindrycznie.

Przypadki 1 i 2 należy rozpatrywać jako porównanie dwóch powierzchni kulistych o różnych promieniach. Z przekształceń różnych wzorów fizycznych można wyprowadzić następujący wzór na promień krzywizny, badanej powierzchni:

$$R = \frac{D^2 \left(1 - \frac{l_1}{l_2}\right) \cos \alpha}{N \lambda \frac{l_1}{l_2}} \quad (1)$$

gdzie: R - promień krzywizny badanej powierzchni l_1 - $a + f + c$ (fig. 1) droga od oka obserwatora do obrazu bliższego, l_2 - $a + b + c$ (fig. 1) droga od oka obserwatora do obrazu dalszego; N - rząd prążka interferencyjnego; D - dłuższa średnica elipsy utworzonej przez prążek; N - tego rzędu - fig. 3; λ - długość fali światła; α - kąt padania wiązki światła,

Stąd odchyłka od płaskości wynosi:

$$\delta = \frac{d^2 N \lambda \frac{l_1}{l_2}}{2 D^2 \left(1 - \frac{l_1}{l_2}\right) \cos \alpha} \quad (2)$$

gdzie: d - średnica mierzonej płytki.

Z powyższych wzorów (1) i (2) wynika, że obserwacja powierzchni sferycznych jest możliwa jedynie przy niesymetrycznym ustawieniu powierzchni niepolerowanej to znaczy $l_1 \neq l_2$.

W przypadku 3 dla ułatwienia możemy rozpatrywać porównanie krzywizny w jednym odbiciu z płaszczyzną w drugim odbiciu. Odchyłkę od płaskości można wyrazić wzorem:

$$\delta = \frac{N \lambda}{2 \cos \alpha} \quad (3)$$

gdzie oznaczenia jak we wzorach (1) i (2). przy czym wzór ten ma zastosowanie tylko w przypadku gdy oś cylindra nie jest równoległa ani prostopadła do płaszczyzny biegu promieni w interferometrze. W tych przypadkach należy rozpatrywać badaną powierzchnię jako porównanie dwóch krzywizn według wzorów z przypadku 1 i 2.

Typowe obrazy interferencyjne dla poszczególnych przypadków przedstawiono na fig. 3-6. Dla przypadków 1 i 2 obserwujemy obrazy przedstawione na fig. 3.

Dla przypadku 3, jeśli oś cylindra ustawiona jest prostopadle do płaszczyzny biegu promieni w interferometrze obserwujemy obraz przedstawiony na fig. 4, jeśli oś cylindra ustawiona jest w płaszczyźnie biegu promieni obserwujemy obraz przedstawiony na fig. 5, natomiast jeśli oś cylindra ustawiona jest w pozycji pośredniej obserwujemy obraz przedstawiony na fig. 6. Za pomocą przedstawionego w przykładzie wykonania urządzenia dokonano pomiaru płaskich płytek kwarcowych o średnicy 14 mm po obróbce ścierniwem korundowym o uziarnieniu $5 \mu\text{m}$ przy kącie padania około 75° i oświetleniu światłem białym.

Obrazy interferencyjne przedstawiono na fig. 3-6. Odchyłka od płaskości dla tych płytek wynosiła ok. $0,5 \mu\text{m}$.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób pomiaru płaskości powierzchni niepolerowanych zwłaszcza płytek kwarcowych, **znamienny tym**, że badaną powierzchnię (3) umieszcza się w interferometrze cyklicznym w miejscu jednego ze zwierciadeł całkowicie odbijających i kieruje na nią wiązkę światła w dwóch przeciwnych obiegach pod kątem znacznie większym od 45° , przy którym występuje odbicie zwierciadlane.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że położenie badanej powierzchni (3) niepolerowanej w interferometrze dobiera się tak, aby drogi optyczne od zwierciadła światłodzielącego (5) do geometrycznego środka badanej powierzchni (3) niepolerowanej były różne dla przeciwnych obiegów promieni świetlnych.

3. Interferometr cykliczny do pomiaru płaskości powierzchni niepolerowanych zwłaszcza płytek kwarcowych z układem oświetlającym, kierującym wiązkę światła na zwierciadło światłodzielące, z którego wiązka rozchodzi się w przeciwnych obiegach na zwierciadła całkowicie odbijające zamykające obieg światła w interferometrze cyklicznym, **znamienny tym**, że zamiast jednego ze zwierciadeł całkowicie odbijających posiada badaną powierzchnię niepolerowaną umieszczoną korzystnie na stoliku (2), a zwierciadła płaskie całkowicie odbijające (4) i (9) ustawione są tak, aby światło padało na badaną powierzchnię niepolerowaną pod kątem $60-85^\circ$, przy czym drogi optyczne od zwierciadła światłodzielącego (5) do geometrycznego środka badanej powierzchni niepolerowanej są różne dla przeciwnych obiegów promieni świetlnych, oraz tym, że zwierciadło światłodzielące (5) oraz jedno ze zwierciadeł płaskich całkowicie odbijających (4) umocowane są równoległe do siebie w obudowie (8) mocowanej do podstawy (1) obrotowo na osi (10), a drugie zwierciadło płaskie całkowicie odbijające (9) umieszczone jest w płaszczyźnie prostopadłej do podstawy (1) i stolika (2) równoległe do osi obrotu (10).

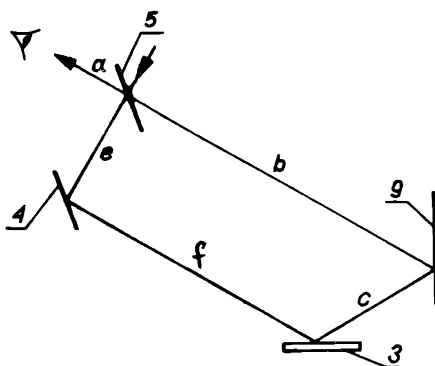


Fig. 1

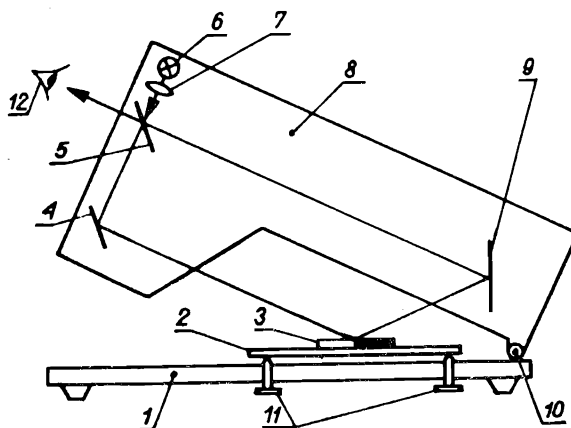


Fig. 2

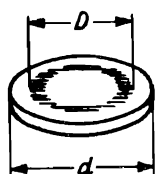


Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6