

OPTYKA MECHANIKA PRECYZYJNA I PRZYRZĄDY OPTYCZNE	N O R M A B R A N Ż O W A	BN-85
	Części optyczne	5515-05
	Pomiar różnicy dróg optycznych polaryskopem	Grupa katalogowa 1340

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są polaryskopowe metody pomiaru różnicy dróg optycznych w szklanych częściach optycznych, mających powierzchnie czynne polerowane lub prasowane, w których światło nie ulega wewnętrznemu odbiciu.

1.2. Określenia

1.2.1. różnica dróg optycznych części optycznej — wg BN-84/5515-03.

1.2.2. płytka kompensująca — płytka fazowa wykonana z bezbarwnego, liniowo dwójłomnego materiału, wnosząca różnicę dróg optycznych L .

1.2.3. kierunek n_γ — kierunek drgania wektora elektrycznego tej fali świetlnej w liniowym ośrodku dwójłomnym, dla której ten ośrodek ma większy współczynnik załamania.

1.2.4. kierunek n_α — kierunek drgania wektora elektrycznego tej fali świetlnej w liniowym ośrodku dwójłomnym, dla której ten ośrodek ma mniejszy współczynnik załamania.

1.2.5. azymut polaryzatora liniowego — kąt w płaszczyźnie prostopadłej do osi optycznej, zakreślony przeciwnie do ruchu wskazówek zegara, od poziomu do kierunku przepuszczania polaryzatora.

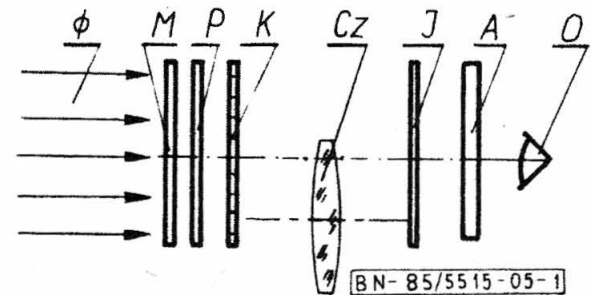
1.2.6. azymut liniowego elementu dwójłomnego — kąt w płaszczyźnie prostopadłej do osi optycznej, zakreślony przeciwnie do ruchu wskazówek zegara, od poziomu do kierunku n_α .

1.2.7. polaryskop liniowy — układ pomiarowy złożony z dwóch liniowych polaryzatorów wzajemnie skrzyżowanych, między którymi umieszcza się badaną część optyczną.

1.2.8. powierzchnia czynna części optycznej — powierzchnia części, przez którą w przyrządzie przechodzą użyteczne wiązki światła.

2. POMIAR RÓŻNICY DRÓG OPTYCZNYCH POLARYSKOPEM METODĄ PORÓWNYWANIA BARW

2.1. Układ pomiarowy. Pomiar różnicy dróg optycznych L części optycznej należy wykonać w układzie pomiarowym wg rys. 1.



Rys. 1

Φ — wiązka białego światła, M — matówka, P — polaryzator liniowy, K — płytki kompensujące, Cz — mierzona część optyczna, J — jednofalówka, A — analizator liniowy, O — oko obserwatora

Oznaczając azymut polaryzatora przez α_p , azymuty części dwójłomnych i polaryzujących układu powinny wynosić:

$\alpha_p + 45^\circ$ lub $\alpha_p - 45^\circ$ — dla płytek kompensujących,

$\alpha_p + 45^\circ$ lub $\alpha_p - 45^\circ$ — dla części mierzonej,

$\alpha_p + 45^\circ$ lub $\alpha_p - 45^\circ$ — dla jednofalówki,

$\alpha_p + 90^\circ$ lub $\alpha_p - 90^\circ$ — dla analizatora.

Jeżeli układ pomiarowy jest wbudowany w przyrząd optyczny, to część optyczna (Cz) oraz płytki kompensujące (K) powinny znajdować się w płaszczyznach obrazowych (powinny być jednocześnie ostro widoczne).

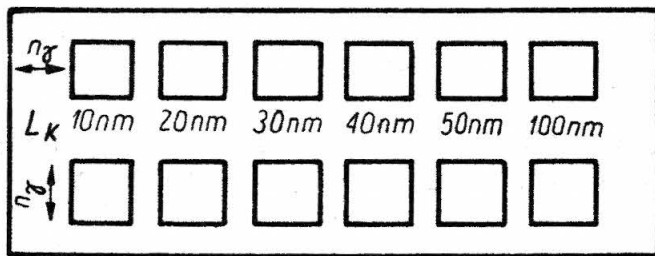
2.2. Wymagania dotyczące układu pomiarowego i jego części składowych

a) układ pomiarowy powinien pracować w wiązce światła białego o natężeniu umożliwiającym przeprowadzenie pomiaru,

Zgłoszona przez Centralne Laboratorium Optyki
 Ustanowiona przez Dyrektora Centralnego Laboratorium Optyki dnia 16 marca 1985 r.
 jako norma obowiązująca od dnia 1 stycznia 1986 r.
 (Dz. Norm. i Miar nr 7/1985 poz. 12)

b) matówka powinna być zmatowana proszkiem F 600/9 wg PN-76/M-59107,

c) płytki kompensujące o różnicach dróg optycznych L_K wg rys. 2 powinny tworzyć dwa szeregi o wzajemnie prostopadłych kierunkach n_σ ,



BN-85/5515-05-2

Rys. 2

d) zespół płytek kompensujących powinien być ustawiony między polaryzatorem a analizatorem w taki sposób, aby jeden szereg płytek pochylony był pod azymutem $\alpha_p + 45^\circ$, a drugi — pod azymutem $\alpha_p - 45^\circ$,

e) płytka jednofalowa powinna wytwarzać różnicę dróg optycznych L_j mieszczącą się w przedziale 520 do 550 nm.

2.3. Wymagania dotyczące mierzonych części optycznych

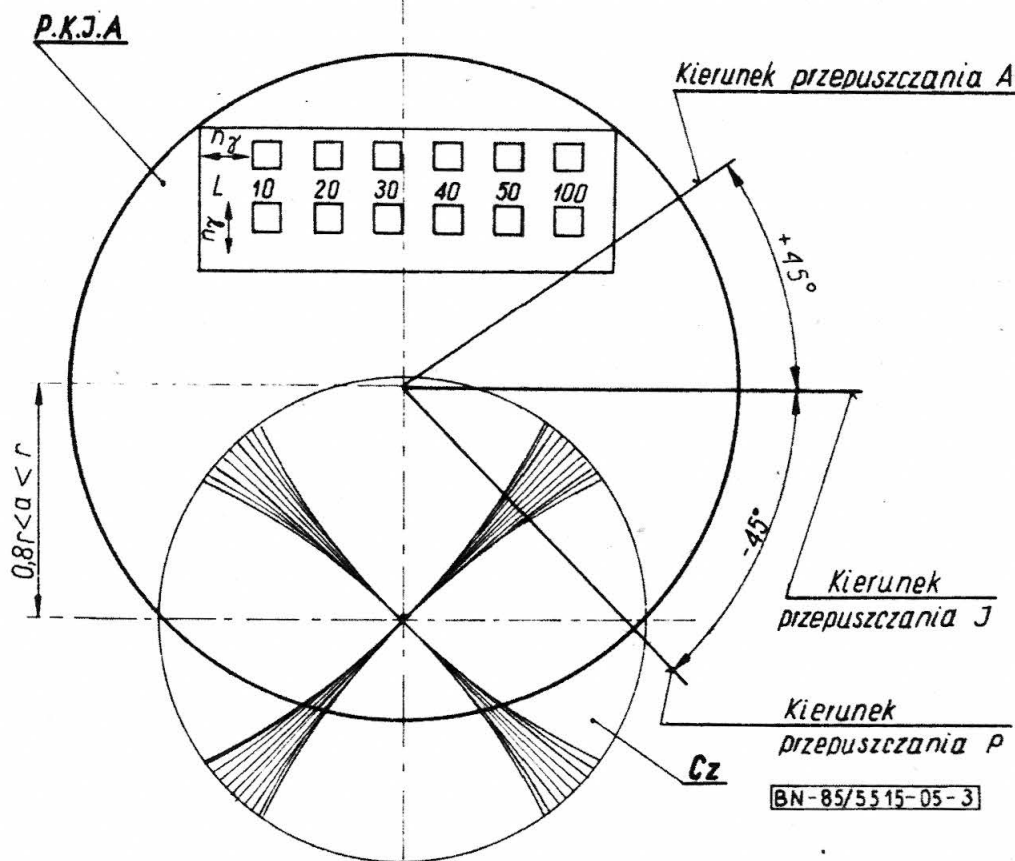
a) powierzchnie czynne mierzonych części powinny być prasowane lub polerowane,

b) powierzchnie czynne mierzonych części nie powinny mieć zanieczyszczeń (podsypka, nagar itp.) utrudniających pomiar.

2.4. Sposób wykonania pomiaru. Mierzoną część optyczną należy umieścić w polaryskopie. W przypadku gdy mierzoną częścią jest soczewka, jej środek powinien leżeć na dwusiecznej krzyża polaryzacyjnego, a oś optyczna polaryskopu powinna przechodzić między jej krawędzią a 0,8 wartości jej połowy średnicy.

Sposób umieszczenia soczewki w układzie pomiarowym przedstawiono przykładowo na rys. 3.

Na tle jednorodnego purpurowo zabarwionego pola widzenia widoczne są dwa szeregi barw płytek kompensujących. Każdej różnicy dróg optycznych odpowiadają dwie barwy. W mierzonej części optycznej, która również jest zabarwiona, należy odszukać barwę odpowiadającą największej różnicy dróg optycznych. Jeżeli mierzona część optyczna nie jest soczewką, po umieszczeniu jej w polaryskopie należy ją obracać w płaszczyźnie prostopadłej do osi optycznej i podczas obracania zaobserwować barwę odpowiadającą największej różnicy dróg optycznych. Określona w ten sposób największa różnica dróg optycznych jest różnicą dróg optycznych L w mierzonej części optycznej.



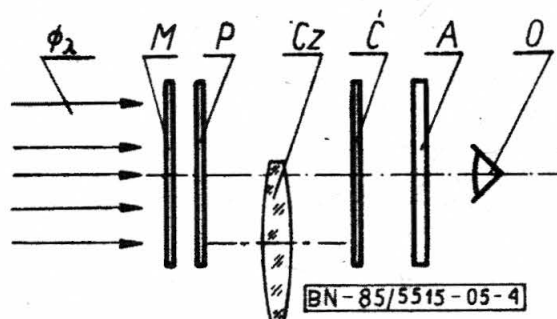
BN-85/5515-05-3

Rys. 3

r — połowa średnicy badanej soczewki, a — odległość osi optycznej polaryskopu od środka badanej soczewki

3. POMIAR RÓŻNICY DRÓG OPTYCZNYCH POLARYSKOPEM METODĄ SENARMONTA

3.1. Układ pomiarowy. Pomiar różnicy dróg optycznych L części optycznej należy wykonać w układzie pomiarowym wg rys. 4.



Rys. 4

Φ_λ — wiązka monochromatycznego światła o długości fali λ , M — matówka, P — polaryzator, Cz — mierzona część optyczna, \dot{C} — ćwierćfalówka, A — analizator, O — oko obserwatora

Oznaczając azymut polaryzatora przez α_p , azymuty części dwójłomnych układu powinny wynosić:

- $\alpha_p + 45^\circ$ lub $\alpha_p - 45^\circ$ dla mierzonej części optycznej,
- α_p lub $\alpha_p + 90^\circ$ dla ćwierćfalówki,
- $\alpha_p + 90^\circ$ lub $\alpha_p - 90^\circ$ dla analizatora.

3.2. Wymagania dotyczące układu pomiarowego i jego części składowych

- a) układ pomiarowy powinien pracować w wiązce światła monochromatycznego o długości fali λ ,
- b) matówka powinna być zmatowana proszkiem F 600/9 wg PN-76/M-59107,
- c) różnica dróg optycznych wnoszonych przez ćwierćfalówkę powinna być dopasowana do długości fali λ z błędem mniejszym niż 5 nm,

d) analizator powinien być zamocowany obrotowo względem osi optycznej i zaopatrzony w podziałkę umożliwiającą odczyt jego azymutu z błędem nie przekraczającym 1° .

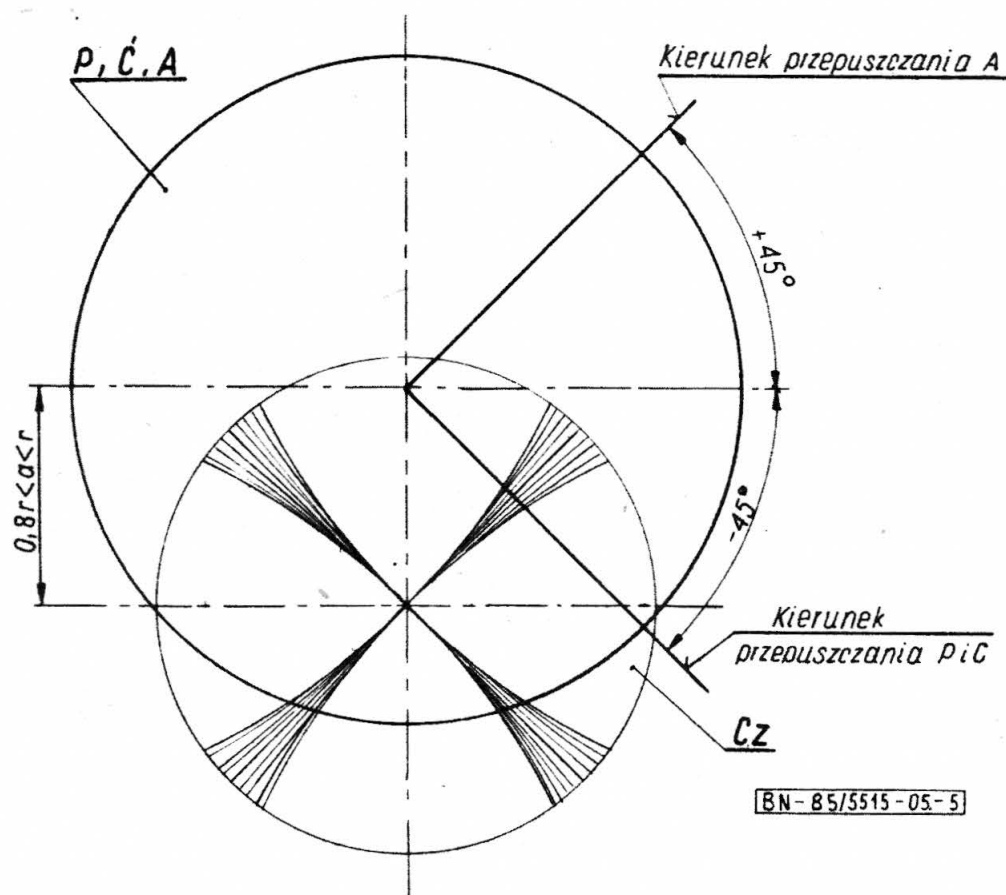
3.3. Wymagania dotyczące mierzonych części optycznych. Mierzona różnica dróg optycznych nie może przekraczać wartości $\lambda/2$. Pozostałe wymagania wg p. 2.3.

3.4. Sposób wykonania pomiaru. Mierzoną część optyczną należy umieścić w polaryskopie. W przypadku gdy mierzoną częścią jest soczewka, jej środek powinien leżeć na dwusiecznej krzyża polaryzacyjnego, a oś optyczna polaryskopu powinna przechodzić między jej krawędzią a 0,8 wartości jej połowy średnicy.

Sposób umieszczenia soczewki w układzie pomiarowym przedstawiono przykładowo na rys. 5. Jeżeli mierzona część optyczna nie jest soczewką, po umieszczeniu jej w polaryskopie należy ją obracać w płaszczyźnie prostopadłej do osi optycznej i podczas obracania wyszukać miejsce najjaśniejsze. W obszarze tego miejsca znajduje się punkt pomiarowy. Aby mierzonej części nadać w punkcie pomiarowym właściwy azymut, należy ją najpierw obrócić tak, aby w tym punkcie wystąpiło pełne wygaszenie, a potem jeszcze o 45° w prawo lub w lewo oraz przesunąć część tak, aby punkt pomiarowy mieścił się w okolicy osi układu pomiarowego.

Aby wykonać pomiar, należy obrócić analizator o kąt α , przy którym zostanie wygaszone światło w punkcie pomiarowym.

Z obu kierunków obrotu właściwy jest ten, przy którym narasta zaciemnienie w punkcie pomiarowym, a kąt α , przy którym występuje pełne wygaszenie, jest mniejszy od 90° .



Rys. 5

r — połowa średnicy badanej soczewki, a — odległość osi optycznej polaryskopu od środka badanej soczewki

Punktem pomiarowym, w którym należy określić różnicę dróg optycznych części optycznej jest ten punkt, w którym podczas obrotu analizatora najpóźniej występuje wygaszenie światła.

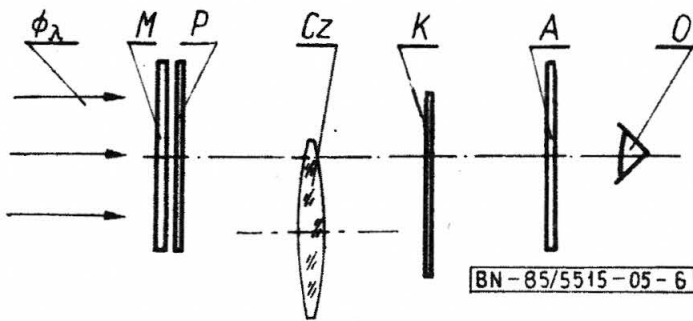
Różnicę dróg optycznych L mierzonej części optycznej należy obliczyć wg wzoru

$$L = \frac{\alpha}{180} \cdot \lambda \quad (1)$$

Część optyczną, w której nie wszystkie powierzchnie są polerowane, należy umieszczać w polaryskopie w kuwecie wypełnionej cieczą immersyjną. Współczynnik załamania światła cieczy immersyjnej i mierzonej części dla długości fali λ światła użytego do pomiaru, powinny być zbliżone w stopniu umożliwiającym przeprowadzenie obserwacji. Kuweta nie powinna wprowadzać różnicy dróg optycznych większej niż 2 nm.

4. POMIAR RÓŻNICY DRÓG OPTYCZNYCH POLARYSKOPEM METODĄ PÓLCIENIOWĄ

4.1. Układ pomiarowy. Pomiar różnicy dróg optycznych L części optycznej należy wykonać w układzie pomiarowym wg rys. 6.



Rys. 6

ϕ_λ — wiązka światła monochromatycznego, M — matówka, P — polaryzator liniowy, Cz — część optyczna, K — płytka kompensująca, A — analizator liniowy, O — oko obserwatora

Oznaczając azymut polaryzatora przez α_p , azymuty części układu pomiarowego powinny wynosić:

- $\alpha_p + 45^\circ$ lub $\alpha_p - 45^\circ$ dla mierzonej części,
- α_p lub $\alpha_p + 90^\circ$ dla płytki kompensującej,
- $\alpha_p + 90^\circ$ lub $\alpha_p - 90^\circ$ dla analizatora.

Jeżeli układ pomiarowy jest wbudowany w przyrząd optyczny, to część optyczna (Cz) oraz płytka kompensująca (K) powinny znajdować się w płaszczyznach przedmiotowych.

4.2. Wymagania dotyczące układu pomiarowego i jego części składowych

a) układ pomiarowy powinien pracować w wiązce światła monochromatycznego (np. sodowego) o natężeniu umożliwiającym przeprowadzenie pomiaru,

b) matówka powinna być zmatowana ziarnem ściernym F 600/9 wg PN-76/M-59107,

c) krawędź płytki kompensującej powinna być ostra, bez faz oraz szczerb i powinna przechodzić przez punkt pomiarowy części optycznej (tzn. przez oś optyczną układu pomiarowego),

d) polaryzator i analizator powinny być skrzyżowane, powodując przy tym wizualne wrażenie pełnego wygaszenia światła,

e) płytka kompensująca powinna mieć możliwość obrotu wokół swojego środka w zakresie $\pm 50^\circ$; podziałka katowa powinna umożliwiać odczyt azymutu płytki kompensującej z dokładnością $0,5^\circ$; azymut α_p płytki kompensującej powinien być ustawiony z dokładnością $0,2^\circ$; w przypadku gdy błąd ustawienia tego azymutu jest większy niż $0,2^\circ$ należy wartość tego błędu $\Delta\alpha_k$ uwzględnić w pomiarach.

4.3. Wymagania dotyczące mierzonej części optycznych

a) mierzona różnica dróg optycznych nie może przekraczać 30 nm,

b) powierzchnie czynne mierzonej części powinny być polerowane.

4.4. Sposób wykonania pomiaru

4.4.1. Ustawienie układu pomiarowego. Mierzoną część optyczną należy umieścić w polaryskopie, tak aby punkt pomiarowy leżał w pobliżu osi optycznej, a azymut w punkcie pomiarowym wynosił $\alpha_p \pm 45^\circ$. Sposób umieszczenia soczewki w układzie pomiarowym przedstawiono przykładowo na rys. 7.

Jeżeli mierzona część optyczna nie jest soczewką, po umieszczeniu jej w polaryskopie należy ją obracać w płaszczyźnie prostopadłej do osi optycznej i podczas obracania wyszukać miejsce najjaśniejsze. W obszarze tego miejsca znajduje się punkt pomiarowy. Aby mierzonej części nadać w punkcie pomiarowym właściwy azymut, należy ją najpierw obrócić tak, aby w tym punkcie nastąpiło pełne wygaszenie, a potem jeszcze o 45° w prawo lub w lewo oraz przesunąć część tak, aby punkt pomiarowy mieścił się na krawędzi płytki kompensującej.

Podczas obrotu płytki kompensującej obserwuje się na jej krawędzi jeden lub dwa ciemne obszary przemieszczające się w kierunku punktu pomiarowego. Punktem pomiarowym nazywamy miejsce, w którym ciemne obszary przestają się przemieszczać.

Nie zaleca się stosowania tej metody dla części o powierzchniach niepolerowanych.

4.4.2. Kompensacja azymutalna — wariant I¹⁾. Płytke kompensującą z położenia podstawowego, określonego azymutem α_p , należy obrócić o taki kąt α_k , przy którym w punkcie pomiarowym wg 4.4.1 wystąpi wygaszenie światła przechodzącego przez tę płytke przy jej krawędzi, w sąsiedztwie punktu pomiarowego. Należy wybrać taki kierunek obrotu, aby kąt α był mniejszy od 45° .

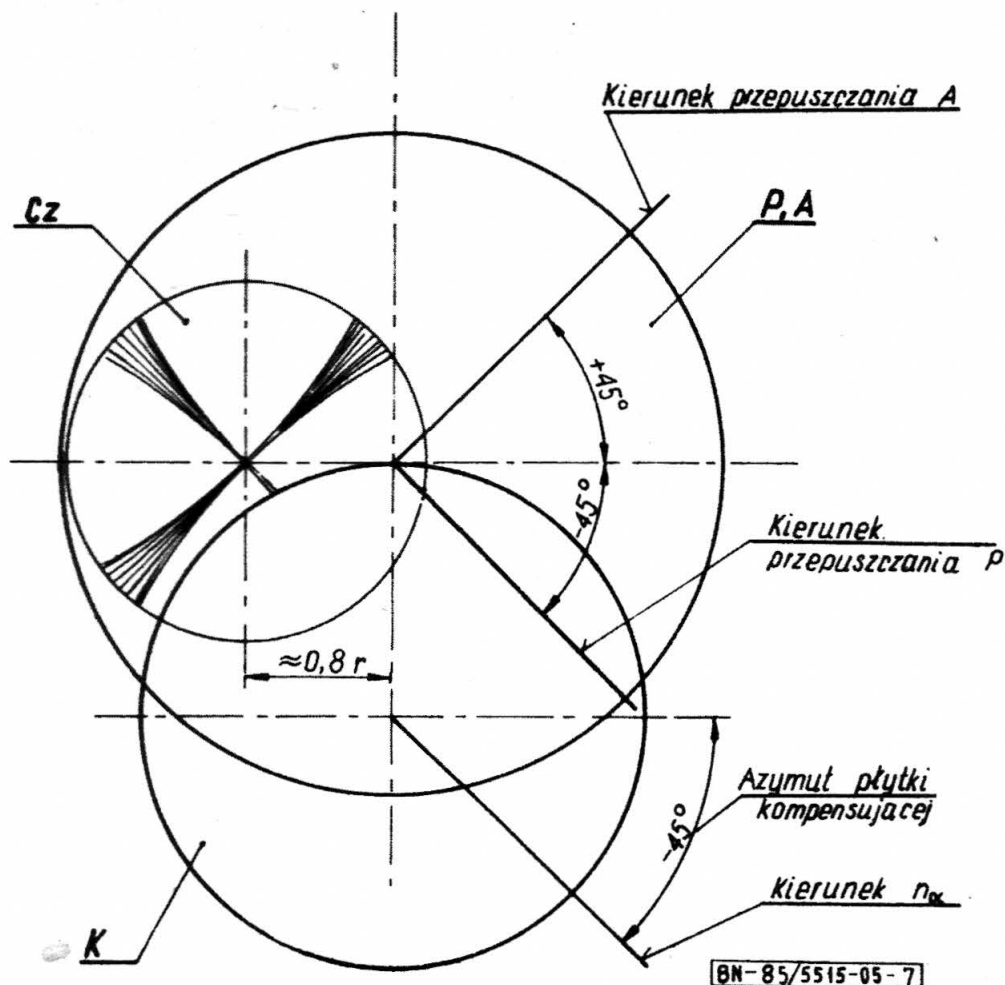
Różnicę dróg optycznych L mierzonej części optycznej należy obliczyć wg wzoru

$$L = \frac{\lambda}{2\pi} \arctg [\sin 2\alpha_k (\operatorname{tg} \gamma_k)] \quad (2)$$

w którym:

γ_k — różnica wnoszona przez płytki kompensujące.

¹⁾ Patrz Informacje dodatkowe p. 5.



Rys. 7

r — połowa średnicy badanej soczewki

4.4.3. Kompensacja azymutalna — wariant II¹⁾. Płytkę kompensacyjną z położenia podstawowego określonego azymutem α_p należy obrócić o taki kąt α_k , przy którym w punkcie pomiarowym wg 4.4.1 po obu stronach jej krawędzi wystąpi jednakowe natężenie światła. Właściwy jest ten kierunek obrotu, przy którym kąt α_k jest mniejszy od 45° .

Różnicę dróg optycznych L mierzonej części optycznej należy obliczyć wg wzoru

$$L = \frac{\lambda}{2\pi} \arctg \left[\sin 2\alpha_k \left(\operatorname{tg} \frac{\gamma_k}{2} \right) \right] \quad (3)$$

4.4.4. Pomiar różnicy dróg optycznych dla $L > 30$ nm.

Jeżeli mierzona różnica dróg optycznych przekracza zakres pomiarowy układu, określony umownie $L = 30$ nm, pomiar należy wykonać metodą Senarmonta wg rozdz. 3.

¹⁾ Patrz Informacje dodatkowe p. 5.

K O N I E C

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — Centralne Laboratorium Optyki, Warszawa.

2. Normy związane

PN-76/M-59107 Wyroby ściernicze. Ściernictwo. Klasyfikacje wielkości ziarna

BN-84/5515-03 Części optyczne. Metoda ustalania dopuszczalnej różnicy dróg optycznych

3. Autor projektu normy — prof. dr hab. inż. Florian Ratajczyk.

4. Literatura

Jerrard H.G.: Optical Compensators for Measurement of Elliptical Polarisation. J. Opt. SOC. Am. Vol. 38/1948/1

Ratajczyk Florian: Optyka ośrodków anizotropowych. Wrocław: Wyd. Politechnika Wroclawska, 1982, ss. 96-97

5. Metody opisane w p. 4.4.2 i 4.4.3. Metoda opisana w p. 4.4.3 w literaturze jest znana pod nazwą metoda Szivessy'ego. Metoda opisana w p. 4.4.2 jest do niej zbliżona, ale nie ma odpowiednika w literaturze.