

**POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA**



**URZĄD
PATENTOWY
PRL**

O P I S P A T E N T O W Y P A T E N T U T Y M C Z A S O W E G O

69 994

Patent tymczasowy dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 02.12.1971 /P.151 895/

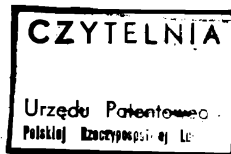
Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 30.05.1973

Opis patentowy opublikowano: 15.03.1974

Kl. 42h, 21

MKP G01n ²⁰ 21/44



Twórca wynalazku: Marek Daszkiewicz

Uprawniony z patentu tymczasowego: Centralne Laboratorium Optyki, Warszawa
(Polska)

Polarymetr fotoelektryczny

Przedmiotem wynalazku jest polarymetr fotoelektryczny ze światłem modulowanym oraz fazoczułym układem detekcji, służący do pomiarów kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła.

Znane dotychczas polarymetry fotoelektryczne służące do pomiarów kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła w środowiskach optycznie aktywnych dzielą się na polarymetry o stałym świetle, pracujące w układzie zrównoważonym, polarymetry półcieniowe oraz polarymetry ze światłem modulowanym.

Pierwsze z nich składają się zazwyczaj ze stałego źródła światła, polaryzatora oraz obrotowego analizatora, za którym znajduje się detektor fotoelektryczny. Gdy polaryzator i analizator znajduje się w położeniu skrzyżowanym, wówczas światło padające na fotodetektor ma minimalne natężenie. Wstawienie próbki skręcającej płaszczyznę polaryzacji między polaryzator a analizator powoduje zwiększenie światła padającego na fotodetektor. Przez obrót analizatora można znów uzyskać minimalną wielkość natężenia światła za analizatorem, a kąt obrotu analizatora jest równy kątowi skręcenia płaszczyzny polaryzacji w badanej próbce. Układy takie są stosunkowo proste w budowie, jednak odznaczają się niską dokładnością, z uwagi na dużą strefę nieczułości w obszarze minimum intensywności światła oraz nie dają bezpośredniej informacji o kierunku skręcenia płaszczyzny polaryzacji.

Polarymetry półcieniowe posiadają wbudowany między polaryzatorem a analizatorem element polaryzacyjny, przez który przechodzi część wiązki świetlnej. W ten sposób w polu widzenia za analizatorem występują dwie strefy, które w położeniu równowagi są oświetlone z jednakową intensywnością. Wstawienie próbki skręcającej płaszczyznę polaryzacji między polaryzator a analizator powoduje naruszenie równowagi oświetlenia w dwóch strefach i dopiero przez obrót elementu polaryzacyjnego względem polaryzatora czy analizatora, można znów uzyskać położenie równowagi. Kąt obrotu pozostaje w ścisłym związku z kątem skręcenia płaszczyzny polaryzacji. Natężenie światła w obu strefach można mierzyć i porównywać fotoelektrycznie ustalając w ten sposób położenie równowagi. Układy tego rodzaju wymagają jednak niezwykle dokładnego justowania, doskonałej jednorodności badanej próbki oraz uniemożliwiają stosowanie kuwet pomiarowych o małej średnicy.

Polarymetry fotoelektryczne ze światłem modulowanym nie posiadają wad polarymetrów wymienianych

uprzednio. Składają się one zazwyczaj ze stałego źródła, skrzyżowanego polaryzatora i analizatora, między którymi znajduje się badana próbka, fotoelektrycznego detektora fazoczułego oraz urządzenia do modulacji światła. Modulację przeprowadza się przez symetryczne, periodyczne zmiany z częstotliwością f , płaszczyzny polaryzacji wiązki światła w obszarze między polaryzatorem a analizatorem. Powoduje to pojawienie się na fotoodbiorniku sygnału elektrycznego z częstotliwością $2f$. W położeniu skrzyżowanym polaryzatora i analizatora, pod nieobecność próbki, maksima przebiegu z częstotliwością $2f$ są równe. Jeżeli w układ zostanie wprowadzona próbka optycznie czynna, płaszczyzna polaryzacji wiązki zostanie skrzyżowana o pewien kąt. Wówczas w przebiegu elektrycznym pojawi się dodatkowy sygnał o częstotliwości f , sterujący po wzmocnieniu fazoczułym elementem kompensacyjnym, którego faza odniesienia jest związana ze zmianami płaszczyzny polaryzacji wywołanymi działaniem modulatora. Z chwilą całkowitej kompensacji, sygnał o częstotliwości f zanika, a maksima przebiegu z częstotliwością $2f$ są równe. Ze zmiany położenia elementu kompensacyjnego określa się skreślenie płaszczyzny polaryzacji w badanej próbce.

Znane są sposoby modulacji wiązki światła przy użyciu modulatorów mechanicznych i elektrooptycznych. W przypadku modulatorów mechanicznych mogą to być modulatory strefowe wprowadzane periodycznie w wiązkę, skręcające płaszczyznę polaryzacji płytki kwarcowe, czy też polaroidy o różnym kącie ustawienia osi. Jednak układy te umożliwiają uzyskanie jedynie skokowych i stałych zmian płaszczyzny polaryzacji, a w przypadku polaroidów, z uwagi na dużą absorpcję, powodują dodatkowe spore straty światła w układzie.

Modulatorami mechanicznymi są również polaryzatory, wykonujące obrotowe wahania wokół osi wiązki. Pozwalają one dowolnie kształtować kąt skreślenia płaszczyzny polaryzacji, jednak z uwagi na dużą masę polaryzatora i jego oprawki wymagają skomplikowanych i rozbudowanych urządzeń do pobudzania takich drgań.

Dogodniejsze pod tym względem są modulatory fotoelektryczne oparte na zjawisku Faradaya. W tym przypadku wszystkie elementy układu są stałe, a skreślenie płaszczyzny polaryzacji jest wywoływane w cewce Faradaya, przez którą przepływa zmienny prąd elektryczny. Istotną niedogodnością tego typu układów jest konieczność stabilizacji temperaturowej oraz niezwykle staranny dobór i mocowanie szklanych rdzeni cewki Faradaya, ze względu na występującą bardzo często dwójłomność naprężeniową, która uniemożliwia dokładne pomiary. Ponadto stosowanie cewek Faradaya znacznie zwiększa gabaryty układu.

Znanymi elementami kompensującymi skreślenie płaszczyzny polaryzacji w polarymetrach fotoelektrycznych są: obrotowy polaryzator czy analizator, przesuwany klin kwarcowy, względnie cewka Faradaya. Każdy z nich ma pewną niedogodność. I tak w przypadku analizatora czy polaryzatora, z uwagi na ich dużą masę i bezwładność, utrudniona jest szybka i dokładna kompensacja. Klin kwarcowy jest drogi, trudny w wykonaniu, a ponadto wymaga dokładnego justowania i skalowania w układzie. Cewka Faradaya zwiększa gabaryty układu, a ponadto zawsze istnieje możliwość wystąpienia dwójłomności naprężeniowej w szklanym rdzeniu cewki.

Celem wynalazku jest opracowanie konstrukcji polarymetru fotoelektrycznego, który nie posiada wyżej wymienionych wad i niedogodności dotychczas znanych układów polarymetrów fotoelektrycznych. Zgodnie z wytyczonym zadaniem powyższy cel osiągnięto w oparciu o nowy sposób modulacji światła i dzięki zastosowaniu nowego elementu kompensującego skreślenie płaszczyzny polaryzacji światła.

Zgodnie z wynalazkiem do modulacji używa się element dwójłomny, wstawiony między polaryzator a analizator i wprowadzony w periodyczny ruch wahadłowo-obrotowy wokół osi optycznej układu tak, że oś główna elementu dwójłomnego drga symetrycznie w stosunku do kierunków polaryzacji polaryzatora i analizatora w położeniu skrzyżowanym.

Zasada nowej metody modulacji, za pomocą polarymetru według wynalazku została przedstawiona na rys. (fig. 1), na którym P i A oznaczają kierunki polaryzacji odpowiednio w polaryzatorze i analizatorze przy położeniu skrzyżowanym, O_1 , O_2 — skrajne położenia osi głównej elementu dwójłomnego, odchylające się symetrycznie o kąt γ w stosunku do kierunku polaryzacji analizatora A. Przy takim ustawieniu natężenie światła I_s za analizatorem można opisać wzorem:

$$I_s = I_0 \sin^2 2\gamma \sin^2 \frac{\delta}{2} \quad (1)$$

przy czym: I_0 — natężenie światła za analizatorem przy równoległym ustawieniu polaryzatora i analizatora, γ — kąt między kierunkiem osi głównej elementu dwójłomnego a kierunkiem polaryzacji analizatora, δ — opóźnienie fazowe występujące w elemencie dwójłomnym (wyrażone w stopniach). Przy symetrycznych drganiach elementu dwójłomnego z częstotliwością f sygnały z fotodetektora będą miały częstotliwość $2f$ (w pełnym

okresie drgań γ dwukrotnie ma wartość 0) oraz równe maksima. W przypadku gdy polaryzator zostanie skręcony o kąt x (kierunek drgań oznaczony na fig. 1 przez P'), wówczas natężenie światła I_x za analizatorem można opisać wzorem:

$$I_x = I_0 [\sin^2 x + 2\sin 2\gamma \cdot \sin 2(x + \gamma) \sin^2 \frac{\delta}{2}] \quad (2)$$

gdzie: I_0 – natężenie światła za analizatorem przy równoległym ustawieniu polaryzatora i analizatora, x – kąt między kierunkiem polaryzacji polaryzatora w położeniu skrzyżowanym, a jego kierunkiem polaryzacji po obrocie, γ – kąt między kierunkiem osi głównej elementu dwójłomnego, a kierunkiem polaryzacji analizatora liczony dodatnio w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara, δ – opóźnienie fazowe występujące w elemencie dwójłomnym (wyrażone w stopniach). Tak więc przy $x \neq 0$ sygnały z fotodetektora o częstotliwości $2f$ mają różne maksima, a przy większej wartości x pojawi się wyraźny sygnał o częstotliwości f .

Przy skręceniu polaryzatora o kąt x w kierunku przeciwnym (kierunek drgań oznaczony na fig. 1 przez P'') I_x będzie wynosić:

$$I_x = I_0 [\sin^2 x - \sin 2\gamma \cdot \sin 2(x - \gamma) \sin^2 \frac{\delta}{2}] \quad (3)$$

(wszystkie oznaczenia jak we wzorze (2)).

Wyrażenie (3) dla γ dodatniego jest identyczne z wyrażeniem (2) dla γ ujemnego, a zatem fazoczuły układ może określić kierunek skręcenia płaszczyzny polaryzacji i odpowiednio sterować elementem kompensacyjnym.

W odróżnieniu od modulatorów strefowych, wykorzystując modulator będący przedmiotem wynalazku można, przez dobór odpowiedniego opóźnienia fazowego δ oraz kąta wychyleń elementu dwójłomnego, w dowolny sposób kształtować amplitudę modulacji, przy czym drgania elementu dwójłomnego (zmiana kąta γ) odbywają się według ustalonego z góry przebiegu (np. sinusoidalnie czy skokowo). Elementem dwójłomnym może być cienka płytka krystaliczna (np. kawałek miki), względnie skrawek folii dwójłomnej (np. celofanu), co sprawia, że modulator tego typu jest tani, zajmuje mało miejsca i ma znikomą masę, przez co wprowadzenie go w ruch obrotowo-wahadłowy jest znacznie prostsze niż w przypadku polaryzatora czy analizatora.

Zgodnie z wynalazkiem do kompensacji został zastosowany obrotowy element dwójłomny, zwany dalej półfalówką, dający opóźnienie drogi optycznej równe nieparzystej wielokrotności połowy długości fali światła monochromatycznego używanego w polarymetrze.

Obrót półfalówki o pewien kąt powoduje skręcenie polaryzacji wiązki padającej o kąt dwukrotnie większy w kierunku obrotu półfalówki, dzięki czemu można znacznie skrócić czas kompensacji. Półfalówki mogą być wykonane z cienkich płytek krystalicznych względnie folii dwójłomnych; są więc tanie, zajmują mało miejsca, a ponadto, z uwagi na małą masę i bezwładność, można łatwo sterować ich obrotem.

Przedmiot wynalazku jest w przykładach wykonania uwidoczniony na rysunku, na którym fig. 2 przedstawia schemat polarymetru fotoelektrycznego z drgającym elementem dwójłomnym, fazoczułym układem detekcji i kompensacją obrotem polaryzatora, fig. 3 – przedstawia schemat polarymetru fotoelektrycznego z drgającym elementem dwójłomnym, fazoczułym układem detekcji i kompensacją obrotem analizatora, fig. 4 – przedstawia schemat polarymetru fotoelektrycznego ze stałym polaryzatorem i analizatorem, drgającym elementem dwójłomnym, fazoczułym układem detekcji i kompensacją obrotem półfalówki.

W układzie uwidocznionym na fig. 2 wiązka światła wychodząca ze źródła 1 przechodzi przez filtr interferencyjny 2, obrotowy polaryzator 3 oraz badaną próbkę 4. Za próbką znajduje się element dwójłomny 5, wprowadzany w periodyczny ruch wahadłowo-obrotowy z częstotliwością f za pomocą urządzenia 6 w ten sposób, że oś główna elementu dwójłomnego drga symetrycznie wokół osi optycznej układu w stosunku do kierunku polaryzacji stałego analizatora 7. Po przejściu przez element dwójłomny 5 i analizator 7 wiązka pada na fotodetektor 8. Sygnał z fotodetektora po wzmocnieniu we wzmacniaczu 9 jest podawany na fazoczuły silnik elektryczny 10, na który podawana jest również faza odniesienia z urządzenia 6. Silnik ten obraca polaryzatorem 3, gdy ze wzmacniacza przychodzą sygnały z częstotliwością f lub gdy maksima sygnałów z częstotliwością $2f$ mają różne wartości, przy czym wielkość obrotu mierzona w urządzeniu 11, odpowiada kątowi skręcenia płaszczyzny polaryzacji w próbce.

Układ przedstawiony na fig. 3 stanowi modyfikację układu poprzedniego, z tym że polaryzator 12 jest stały, analizator 13 jest obrotowy, natomiast drgający element polaryzacyjny 5 znajduje się między polaryzatorem 12 a próbką 4.

W układzie uwidocznionym na fig. 4, stanowiącym modyfikację układów przedstawionych poprzednio, jako

elementu kompensacyjnego używa się obrotowej półfalówki 14, obracanej za pomocą fazoczułego silnika 10 i umieszczonej między stałym polaryzatorem 15 a drgającym elementem dwójłomnym 5. Analizator 16 jest stały, a jego kierunek polaryzacji jest prostopadły do kierunku polaryzacji polaryzatora 15. Podwójna wielkość kąta skręcenia półfalówki odpowiada kątowi skręcenia płaszczyzny polaryzacji w badanej próbce i jest mierzona za pomocą urządzenia 17.

Zastrzeżenia patentowe

1. Polarymetr fotoelektryczny z polaryzatorem, analizatorem i umieszczonym za analizatorem fotoodbiornikiem, przy którym między polaryzatorem a analizatorem umieszczona jest optycznie aktywna próbka, **znamienny tym**, że między polaryzatorem a analizatorem znajduje się element dwójłomny 5 wprowadzony w periodyczny ruch wahadłowo-obrotowy w ten sposób, że oś główna elementu dwójłomnego drga symetrycznie w stosunku do kierunków polaryzacji polaryzatora i analizatora 7 w położeniu skrzyżowanym przy czym wiązka światła po przejściu przez analizator pada na fotodetektor 8 z którego sygnał po wzmocnieniu jest podawany na fazoczuły silnik 10, przy czym silnik fazoczuły stanowi napęd dla polaryzatora (3), połączonego z urządzeniem mierzącym wielkość skręcenia płaszczyzny polaryzacji.

2. Polarymetr fotoelektryczny według zastrz. 1, **znamienny tym**, że drgający element dwójłomny (5) jest umieszczony między stałym analizatorem (7) a badaną próbką.

3. Polarymetr fotoelektryczny według zastrz. 1, **znamienny tym**, że drgający element dwójłomny (5) jest umieszczony między stałym polaryzatorem (12) a badaną próbką (4), zaś silnik fazoczuły (10) połączony jest z analizatorem (13), którym kompensuje się skręcenie płaszczyzny polaryzacji.

4. Polarymetr fotoelektryczny według zastrz. 1, **znamienny tym**, że drgający element dwójłomny (5) znajduje się między stałym analizatorem (16) a badaną próbką (4), zaś silnik fazoczuły (10) połączony jest z półfalówką (14) kompensującą skręcenie płaszczyzny polaryzacji usytuowaną między polaryzatorem (15), a drgającym elementem dwójłomnym (5).

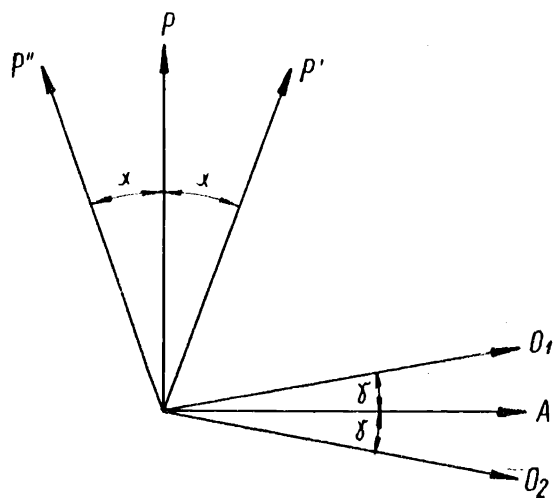


Fig. 1

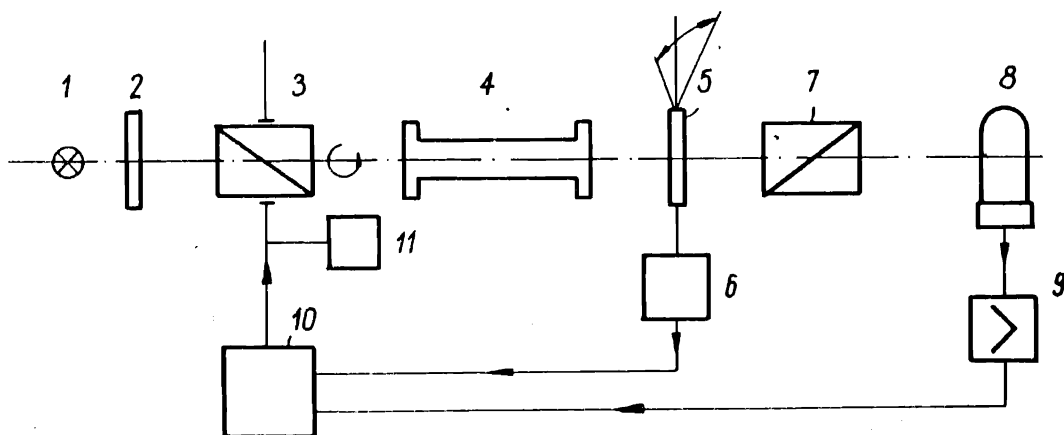


Fig. 2

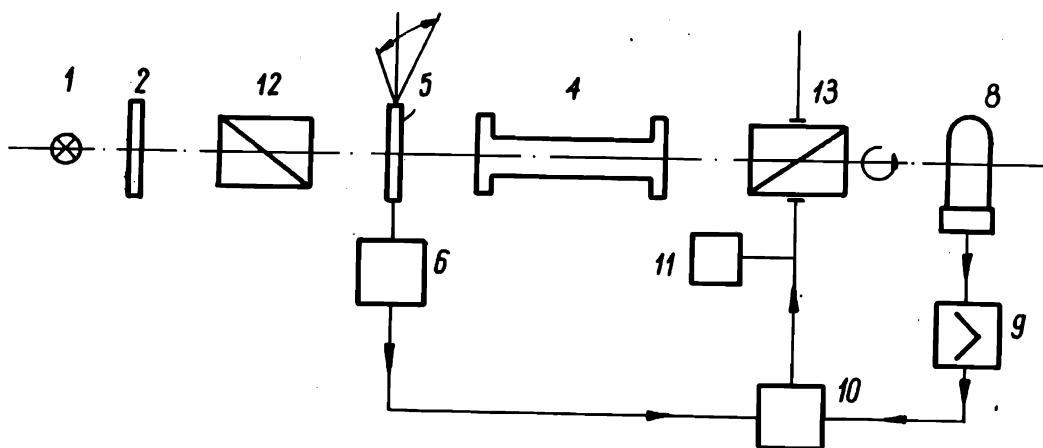


Fig. 3

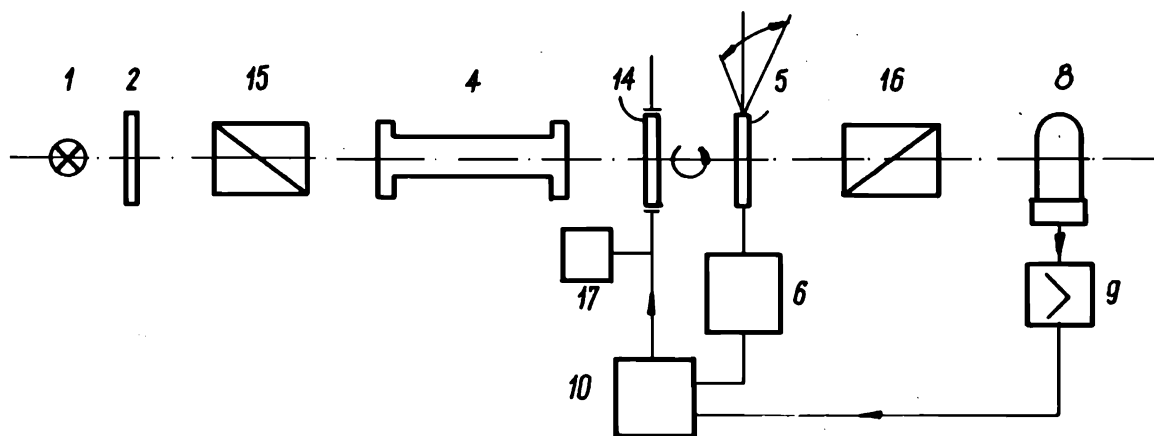


Fig. 4