

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

67026

Patent dodatkowy
do patentu

Zgłoszono: 04.IX.1970 (P 143 016)

Pierwszeństwo:

Opublikowano: 28.II.1973

Kl. 42h,21

MKP G02b 27/28



Twórca wynalazku: Lucjan Grochowski

Właściciel patentu: Politechnika Warszawska, Warszawa (Polska)

Układ pomiarowy zmiennych w czasie, stanów polaryzacji eliptycznie spolaryzowanego światła

1

Przedmiotem wynalazku jest układ pomiarowy zmiennych w czasie, stanów polaryzacji eliptycznie spolaryzowanego światła w postaci analogowych sygnałów elektrycznych.

W znanych urządzeniach pomiarowych wykorzystujących eliptycznie spolaryzowane światło pomiarowymi wielkościami są albo stosunek półosi elipsy polaryzacji i kąt jaki tworzy główna oś elipsy z układem odniesienia albo stosunek amplitud składowych drgań eliptycznie spolaryzowanego światła i różnica faz między nimi. Przy dynamicznych pomiarach następuje zmiana w czasie każdego z wymienionych parametrów i dla określenia eliptycznie spolaryzowanego światła niezbędnym jest użycie elektrycznie sterowanych modulatorów płaszczyzny polaryzacji.

Pomiar sprowadza się do wyznaczenia w określonych momentach czasu sygnałów optycznych, którym przyporządkowuje się chwilowe wartości sygnałów elektrycznych. W ten sposób określa się dowolną wartość stosunków półosi elipsy polaryzacji i kąty jej głównej osi z układem odniesienia zawarte 0—180°. Oznacza to, że przy pomocy znanych układów mierzy się wyłącznie albo stany eliptycznej polaryzacji lewoskrętnej albo prawoskrętnej.

Występowanie na przemian zmian w czasie eliptycznej polaryzacji lewoskrętnej na prawoskrętną bądź na odwrót uniemożliwia pomiar z uwagi na brak możliwości odróżnienia od siebie obu tych stanów. Stanowi to zasadniczą wadę znanych układów pomiarowych ponieważ ogranicza ich możliwości pomiarowe.

2

Celem wynalazku jest zbudowanie układu, któryby pozwalał na rozszerzenie możliwości pomiarowych przyrządów wykorzystujących eliptycznie spolaryzowane światło na wszystkie możliwe do wystąpienia stany eliptycznej polaryzacji światła. Wytyczone zadanie zostało rozwiązane zgodnie z wynalazkiem w ten sposób, że w układzie pomiarowym na drodze eliptycznie spolaryzowanego światła między modulatorem a pryzmatem Wollastona ustawiono płytkę światłodzielną skierowującą część eliptycznie spolaryzowanego światła na ćwierćfalówkę znajdującą się przed umieszczonym na drodze tego światła analizatorem płaszczyzny polaryzacji i współpracującym z nim fotodetektorem dołączonym do układu elektronicznego.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania pokazany został na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy układu pomiarowego według wynalazku, a fig. 2 przedstawia charakterystyczne położenia głównych osi elipsy polaryzacji względem układu odniesienia.

Eliptycznie spolaryzowane światło pada na sterowany z generatora G modulator M, w którym następuje skrócenie płaszczyzny polaryzacji dające zmianę położenia głównej osi elipsy względem układu odniesienia xy wyznaczonego osiami pryzmatu Wollastona W. Chwilowe kąty położenia głównej osi elipsy są proporcjonalne do chwilowych wartości natężenia prądu generatora G.

Światło po wyjściu z modulatora M pada na płytkę światłoczułą P ulegając podzieleniu na dwie wiązki.

Jedna z wiązek pada na pryzmat Wollastona W, który zamienia eliptycznie spolaryzowaną padającą wiązkę na dwie liniowo spolaryzowane wiązki w płaszczyznach wzajemnie prostopadłych. Każda z liniowo spolaryzowanych wiązek pada odpowiednio na fotodetektor D1 i D2, gdzie powoduje powstanie sygnałów elektrycznych. Sygnały te podawane są na układ dzielący E, na którego wyjściu sygnały zdolne są wysterować rejestrator zapisujący zmiany w czasie stosunku amplitud składowych drgań eliptycznie spolaryzowanego światła. Dla momentów czasu t_1 odpowiadających zerowej chwilowej wartości prądu modulatora M, sygnały elektryczne na fotodetektorze D1 i D2 określają amplitudy E_x i E_y na wejściu modulatora M.

Sterując modulator M prądem o różnych chwilowych wartościach można uzyskać sytuację, w której w wyniku skręcenia głównej osi elipsy polaryzacji światła sygnały optyczne docierające do fotodetektorów D1 i D2 są sobie równe. Oznacza to, że główna oś elipsy tworzy kąt 45° z układem odniesienia xy i pokrywa się z jedną z osi zrównania sygnałów optycznych oo' . Przyjmując zatem, że dla czasu t_1 chwilowa wartość prądu generatora G wynosiła zero lub miała inną zdefiniowaną wartość, chwilowa wartość prądu dla momentu czasu t_2 , odpowiadającego zrównaniu sygnałów optycznych, określa kąt położenia głównej osi elipsy dla czasu t_1 .

W ten sposób rejestracja elektrycznych sygnałów analogowych na fotodetektorach D1 i D2 dla czasów t_1 i $t_2 > t_1$ określa dwa parametry jednoznacznie określające eliptycznie spolaryzowane światło: stosunek amplitud składowych drgań i kąt głównej osi elipsy z układem odniesienia xy .

Dla odróżnienia eliptycznej polaryzacji lewoskrętnej od prawoskrętnej zastosowano dodatkowy układ składający się z płytki światłodzielnącej P, ćwierćfalówki F analizatora płaszczyzny polaryzacji A i połączonego z układem elektronicznym U fotodetektora D3.

Stan eliptycznej polaryzacji lewoskrętnej (w zależności od umowy) odpowiada kątom położenia głównej osi elipsy względem układu odniesienia xy zawartym $0-180^\circ$, prawoskrętnej $180-360^\circ$ bądź na odwrót. Równoznaczne jest to z tym, że obrót głównej osi elipsy polaryzacji prawoskrętnej o kąt większy niż 180° powoduje, że staje się ona lewoskrętna, odpowiednio przy takim obrocie elipsy lewoskrętnej uzyskuje się elipsę prawoskrętną. Skierowując pozostałą z podzielenia na płytce P wiązkę eliptycznie spolaryzowanego światła na ćwierćfalówkę F uzyskuje się liniowo spolaryzowane światło, które pada przez analizator płaszczyzny polaryzacji A na fotodetektor D3. Interesującymi dla pomiaru są sygnały elektryczne na fotodetektorze D3 wyłącznie w momentach czasu t_2 odpowiadających zrównaniu sygnałów na fotodetektorach D1 i D2. Daje to jednoznaczne zawsze stałe usytuowanie głównej osi elipsy w momencie pomiaru. Tak usytuowanej głównej osi elipsy polaryzacji po przejściu przez ćwierćfalówkę F odpowiadać mogą jedynie dwa stany liniowej polaryzacji światła, jednoznacznie przyporządkowane lewo i prawoskrętnej elipsie polaryzacji.

Przy jednym z tych stanów płaszczyzna liniowej polaryzacji światła pokrywa się z płaszczyzną analizatora A, przy drugim natomiast płaszczyzna liniowej polaryzacji światła jest prostopadła do płaszczyzny ana-

lizatora A. Daje to proste kryterium odróżnienia lewoskrętnej od prawoskrętnej elipsy polaryzacji. Jest nim obecność lub brak sygnału elektrycznego na fotodetektorze D3. Przy czym obecności sygnału może być przyporządkowana lewoskrętna polaryzacja, brakowi sygnału prawoskrętna lub na odwrót.

Cykl pomiarowy jest w układzie narzucony okresem powtarzania drgań generatora G. W czasie równym okresowi drgań generatora G parametry eliptycznie spolaryzowanego światła winny być stałe; czyli większym szybkościom zmian w czasie parametrów eliptycznej polaryzacji światła odpowiadać muszą krótsze okresy drgań generatora G.

Sygnały z fotodetektora D3 podawane są na układ bramkujący B, sterowany z układu wyróżnienia zera 0, stąd sygnały przechodzą na układ sumujący S wraz z jednym z sygnałów o określonej amplitudzie a, b, c, d z układu logicznego L. W ten sposób sygnał wyjściowy z układu sumującego S niesie amplitudową informację o tym czy elipsa polaryzacji jest lewo, czy prawoskrętna i w której ćwiartce kąta półpełnego znajduje się główna oś elipsy. Sygnał ten podany wraz z sygnałem z generatora G przez układ kształtujący R na układ wyjściowy Q pozwala z dokładnością poniżej jednego stopnia określić położenie głównej osi elipsy względem układu odniesienia przy czym położenie to może już być dowolne w całym kącie pełnym $0-360^\circ$.

Powyższe jest możliwe z uwagi na przyporządkowanie charakterystycznym położeniom głównej osi elipsy I, II, III, IV amplitud a, b, c, d na wyjściu układu logicznego L zgodnie z tabelą, w której u_{D1} i u_{D2} oznaczają poziomy sygnałów na fotodetektorach D1 i D2 mierzone dla czasów t_1 i t_2 . „T” w tabeli oznacza okres drgań generatora G.

Tabela

Położenie głównej osi elipsy	Moment czasu t_1 $u_{D1} \neq u_{D2}$	Moment czasu t_2 $u_{D1} = u_{D2}$	Amplituda na wyjściu układu logicznego L
I	$E_x > E_y$	$0 < t_2 < \frac{T}{2}$	a
II	$E_x < E_y$	$\frac{T}{2} < t_2 < \frac{3}{4}T$	b
III	$E_x < E_y$	$0 < t_2 < \frac{T}{2}$	c
IV	$E_x > E_y$	$\frac{T}{2} < t_2 < \frac{3}{4}T$	d

Wykorzystanie informacji podanych w tabeli do identyfikacji stanu polaryzacji powoduje, iż w układzie stanowiącym przedmiot wynalazku analogowe sygnały elektryczne jednoznacznie określają na wyjściu układów E i Q parametry eliptycznie spolaryzowanego światła co pozwala przy pomocy odpowiednich powszechnie używanych rejestratorów na zapis ich zmian w czasie.

Zastosowanie układu według wynalazku pozwala na pomiar wszystkich możliwych stanów eliptycznie spolaryzowanego światła tak w pomiarach dynamicznych jak i statycznych. Stanowi to zasadnicze udogodnienie

przede wszystkim dlatego, iż daje rozszerzenie cech eksploatacyjnych układu cechującego się prostotą konstrukcji i składającego się z typowych elementów zarówno optycznych jak i elektronicznych. Ponadto układ stanowiący przedmiot wynalazku z uwagi na niewielką ilość użytych elementów charakteryzuje się wysoką niezawodnością pracy.

Znajduje zastosowanie głównie w elipsometrach — przyrządach używanych w technice warstw cienkich dla określenia grubości i stanu powierzchni warstwy tak stałej jak i zmiennej w czasie. Znajomość powyższych danych jest niezbędna przy technologii wytwarzania obwodów scalonych, elementów półprzewodnikowych oraz wyznaczaniu stałych optycznych metali, w szczególności przy badaniu warstw korozyjnych.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ pomiarowy zmiennych w czasie, stanów polaryzacji eliptycznie spolaryzowanego światła, skła-

dający się z umieszczonych kolejno na drodze światła: pryzmatu Wollastona, fotodetektorów połączonych z układem elektronicznym i modulatora połączonego z generatorem, **znamienny tym**, że na drodze eliptycznie spolaryzowanego światła między modulatorem (M) a pryzmatem Wollastona (W) znajduje się płytka światłodziela (P) skierowywująca część eliptycznie spolaryzowanego światła na ówierćfalówkę (F) znajdującą się przed umieszczonym na drodze tego światła analizatorem płaszczyzny polaryzacji (A) i współpracującym z nim fotodetektorem (D3) dołączonym do układu elektronicznego (U).

2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że układ elektroniczny (U) zawiera układ wyróżnienia zera (0) połączony z układem logicznym (L) i układem bramkującym (B), który jest połączony z fotodetektorem (D3) oraz z układem sumującym (S) dołączonym do układu logicznego (L) i układu wyjściowego (Q), który jest z kolei połączony z układem kształtującym (R) sterowanym z połączonego z nim układu wyróżnienia zera (0) i generatora (G).

Errata

Na stronie 1, w łamie 2 w wierszu 29 i 30

jest: płytką światłoczułą P
powinno być: płytką światłodziela P

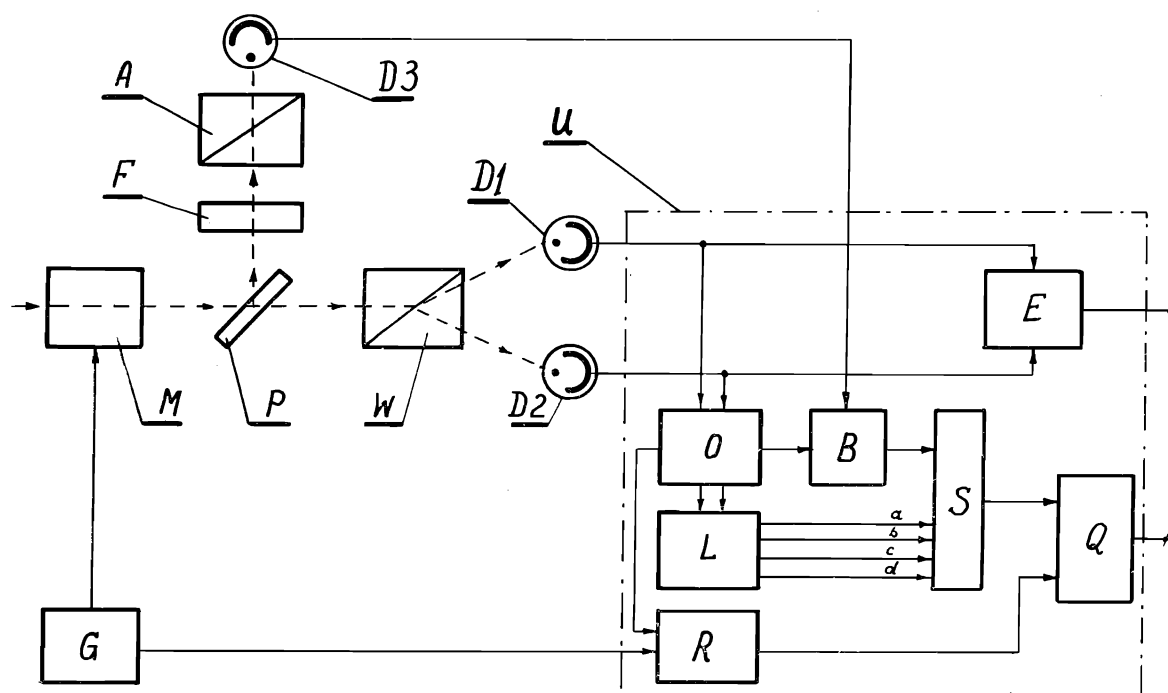


Fig. 1

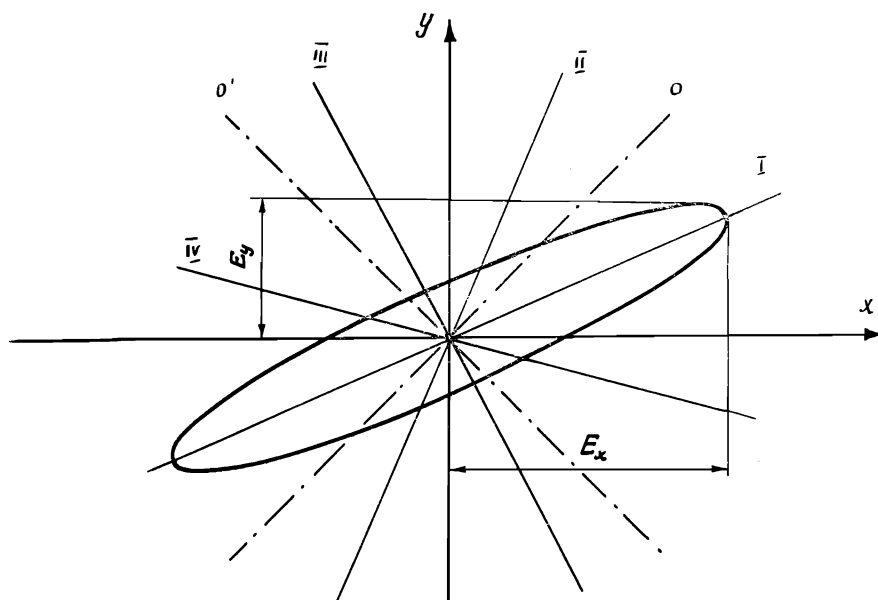


Fig. 2